



**RUI MANUEL BICHO
LOPES CARDOSO**

**IMPLEMENTAÇÃO E LANÇAMENTO DE UMA LINHA
DE PRODUÇÃO**



**RUI MANUEL BICHO
LOPES CARDOSO**

**IMPLEMENTAÇÃO E LANÇAMENTO DE UMA LINHA
DE PRODUÇÃO**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Auxiliar no Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e sob co-orientação da Mestre Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Assistente no Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família, amigos e namorada.

o júri

Presidente

Doutor Carlos Manuel Santos Ferreira
professor associado com agregação da Universidade de Aveiro

Vogais

Doutor Cristovão Silva
professor auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de
Coimbra

Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Mestre Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
assistente da Universidade de Aveiro

agradecimentos

À minha família, amigos e namorada por todo o apoio dado ao longo da realização deste projecto.

À Universidade de Aveiro, em especial ao meu orientador da universidade, o Professor Doutor José António Vasconcelos Ferreira e à minha co-orientadora, a Professora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos pelo apoio e paciência durante o estágio e na execução deste projecto.

À BOSCH Termotecnologia S.A. por me dar a oportunidade de realizar o projecto nas suas instalações e a todos os elementos do departamento de Engenharia do Processo, TEF3. Um agradecimento especial ao meu orientador da empresa, o Eng.^o Everson Pompeu e ao co-orientador Eng.^o Mário Gaspar por todo o apoio, compreensão e amizade.

palavras-chave

lean manufacturing, melhoria contínua, linha de produção, *ramp-up*

resumo

Neste documento é abordada toda a fase de desenvolvimento e implementação fabril de uma nova linha produtiva e o seu posterior lançamento e arranque produtivo. Este arranque é denominado por *ramp-up* e irá ser descrito e analisado ao longo do trabalho. São ainda apresentados os resultados obtidos e algumas práticas a adoptar no decorrer dessa fase.

O objectivo principal deste projecto é, pois, o de servir como um guia de apoio a empresas que estejam a planear lançar novas linhas de produção, para que possam ter, assim, uma ideia generalizada de como deverão proceder durante as várias fases que envolvem a implementação e o lançamento dessa mesma linha.

keywords

lean manufacturing, continuous improvement, production line, *ramp-up*

abstract

This document addresses the development and implementation phases of a new production line and its subsequent release and beginning of production. The beginning of production is denominated as *ramp-up* and will be described and analyzed in this document. Are also presented the obtained results and some practices to adopt during this phase.

This project aims to serve as a guide to support companies that are planning to launch new production lines, so that they can have a general idea of how they should proceed during the various stages of ramp-up.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	3
1.2. Objectivos do Projecto	3
1.3. Organização do Documento.....	3
2. Enquadramento teórico do tema	5
2.1 Lean Manufacturing.....	7
2.1.1 Evolução Histórica do Lean Manufacturing.....	7
2.1.2 Objectivos do Lean Manufacturing	8
2.1.3 Lean Manufacturing - Tipos de desperdícios	13
2.2 O Diagrama <i>TPS House</i>	14
2.3 Bosch Production System (BPS)	15
2.4 Cinco S's.....	17
2.5 Total Productive Maintenance (TPM)	18
2.6 Continuous Improvement Process (CIP)	20
2.7 Organização dos processos de trabalho	21
2.8 Ciclo de Vida de um Produto e Time-To-Market (TTM).....	22
2.8.1 Ciclo de Vida de um Produto	22
2.8.2 Time-to-Market	23
2.9 Ramp-Up.....	25
2.9.1 Contextualização e definição do Ramp-Up	25
2.9.2 Aprendizagem durante o Ramp-Up.....	26
3. Apresentação da empresa e do projecto.....	29
3.1 Apresentação da Empresa	31

3.1.1	Grupo BOSCH	31
3.1.2	Grupo BOSCH em Portugal	32
3.1.3	Divisão Termotécnica	32
3.1.4	Evolução Histórica	33
3.2	Departamento de Desenvolvimento de Processo (TEF3).....	34
3.2.1	Apresentação do Departamento	34
3.2.2	Funções e Objectivos do Departamento	35
3.3	Apresentação do Projecto	35
4.	Caso de estudo – implementação e lançamento de uma linha de produção	37
4.1	Fase Pré Ramp-Up nos Fornecedores.....	39
4.1.1	Seleção de Fornecedores	39
4.1.2	Relação com Fornecedores e Acompanhamento do Projecto	42
4.1.3	Testes de Capabilidade do Processo no Fornecedor	43
4.2	Fase Pré Ramp-Up na Fábrica	46
4.2.1	Definição do Layout da Linha.....	46
4.2.2	Infra-estruturas	49
4.2.3	Instalação dos equipamentos	50
4.2.4	Testes de Capabilidade do Processo nas Instalações da Fábrica.....	51
4.2.5	Documentação Técnica dos Equipamentos	52
4.2.6	Formação de Operadores.....	53
4.3	Fase do Ramp-Up	53
4.3.1	Início / Evolução do Ramp-Up.....	54
4.3.2	Balanceamento da Linha	56
4.3.3	Análise do Ramp-Up	61
4.3.4	Melhoria Contínua durante o Ramp-Up.....	67

4.4	Síntese do Planeamento da Implementação e Lançamento da Linha	70
5.	Conclusão	73
	Referências Bibliográficas	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Os 5 princípios do lean manufacturing	12
Figura 2 - Diagrama TPS house	14
Figura 3 - Esquematização dos 8 princípios do bps.	16
Figura 4 - Os 4 pilares tpm.	19
Figura 5 - Actividades do cip (adaptado bps_cip.ppt – bosch).	20
Figura 6 - Ciclo de vida de um produto desde a sua entrada no mercado.	22
Figura 7 - Ciclo de vida de um produto desde o seu planeamento.	23
Figura 8 - Esquema demonstrativo das fases do <i>time-to-market</i>	24
Figura 9 - Bosch Termotecnologia, S.A.	31
Figura 10 - Layout em "u" da nova linha de produção.	49
Figura 11 - Evolução da produção durante os 6 meses do <i>ramp-up</i>	56
Figura 12 - Balanceamento para três operadores.	58
Figura 13 - Balanceamento da linha para quatro operadores.	59
Figura 14 - Balanceamento da linha para seis operadores.	60
Figura 15 - Quantidades totais e com defeito produzidas durante o <i>ramp-up</i>	61
Figura 16 - Percentagem de produtos defeituosos produzidos durante o <i>ramp-up</i>	62
Figura 17 - Tempo de paragem na linha por área.	63
Figura 18 - Tempo de paragem na linha por equipamento.	64
Figura 19 - Custos com sucata durante o <i>ramp-up</i>	65
Figura 20 - Eficiência e eficácia do processo produtivo durante o <i>ramp-up</i>	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados referentes à produção durante o <i>ramp-up</i>	66
---	----

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O presente projecto foi realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro e foi desenvolvido na BOSCH Termotecnologia S.A., sediada em Aveiro, na área de Engenharia do Processo, durante oito meses, de 14 de Setembro a 15 de Maio.

A BOSCH Termotecnologia S.A. projectou a implementação de uma nova linha de produção na fábrica e teve a necessidade de posteriormente assegurar o desenvolvimento sustentado e eficiente do processo de lançamento dessa mesma linha.

Uma equipa de engenheiros do processo, que inclui o autor deste trabalho, foi destacada para acompanhar todo este processo, desde a aquisição dos equipamentos para a linha até à sua implementação e arranque na fábrica.

1.2. OBJECTIVOS DO PROJECTO

O projecto aqui descrito tem como tema “Implementação e Lançamento de uma Linha de Produção” e o seu principal objectivo é o de servir como guia e suporte no momento de implementação de uma nova linha produtiva e respectivo processo de lançamento, facultando as melhores práticas a adoptar de uma forma simplificada e eficiente.

É também analisada a fase de lançamento da linha – *Ramp-Up* – para que se possa entender como se processa e desenvolve esta fase de grande importância no arranque de uma nova linha.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este documento encontra-se organizado sob a forma de Capítulos. A introdução representa o primeiro Capítulo, no qual é feita uma contextualização para a realização deste trabalho, bem como uma introdução ao projecto e explicação dos seus objectivos.

Para uma melhor compreensão do projecto é feito um enquadramento teórico sobre o tema, explanando os conceitos básicos associados ao projecto em causa – Capítulo dois.

O Capítulo três é constituído pela apresentação da Empresa e do Departamento responsável pelo projecto. De seguida procede-se a apresentação do projecto “Implementação e Lançamento de uma Linha de Produção”.

O Capítulo quatro diz respeito ao caso de estudo, onde são descritas as fases essenciais à implementação e lançamento de uma linha de produção. São também apresentados os resultados obtidos, bem como uma análise dos mesmos. A conclusão, que representa o quinto e último capítulo, aborda a importância do lançamento de uma nova linha de produção e todas as fases que envolvem esse projecto, bem como as conclusões do autor.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO TEMA

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO TEMA

2.1 LEAN MANUFACTURING

2.1.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO LEAN MANUFACTURING

Quando Henry Ford criou a famosa linha de produção foi uma verdadeira revolução para a época, onde todos os seus conceitos foram rigorosamente seguidos pelos seus trabalhadores, conseguindo um grande aumento na produtividade, e fazendo com que as suas ideologias vigorassem durante muitos anos no resto do mundo. Ford delineou um conjunto de técnicas e métodos com vista a eliminar o desperdício, revolucionou o conceito de linha produtiva desde a matéria-prima até ao produto final, maximizando o trabalho e minimizando o tempo perdido, implementou inspecções periódicas de qualidade em cada tarefa e treinou os operadores para desempenho de tarefas específicas.

No entanto, o *Lean Manufacturing*, não começa realmente aqui. Após a II Guerra Mundial alguns engenheiros e directores da Toyota Motors fizeram uma visita à fábrica da Ford com o intuito de captar alguns dos conceitos implementados por Henry Ford e posteriormente adaptá-los à Toyota.

No fim da visita, não ficaram muito impressionados e repararam que nada tinha mudado desde o início, pois depararam-se com algumas falhas, como o grande desgaste sofrido pelos equipamentos e máquinas que produziam em grandes quantidades e as grandes acumulações de material causadas pelas inúmeras interrupções entre as várias etapas. A preocupação, na Ford, era mais fazer muito do que fazer bem.

Ao regressarem ao Japão, os engenheiros da Toyota, liderados por Taiichi Ohno, começaram a pensar não só em como utilizar os conceitos da Ford, como também em melhorá-los. Logo no início, a dificuldade foi adaptar os conceitos para uma produção de pequenas quantidades e de diferentes modelos que a Toyota tinha, contrariamente à produção massiva da Ford.

Nasceu, assim, um novo conceito, o *Toyota Production System* (TPS), também conhecido por *Lean Manufacturing*, que Taiichi Ohno tratou de difundir pelas fábricas da Toyota e,

que depois de alguns anos de implementação e aprendizagem, apresentou ao mundo como uma nova cultura de produção – o **TPS** (Womack et al, 1991)

O grande sucesso do TPS deveu-se fundamentalmente à introdução de novos métodos e ferramentas com vista a melhorias na qualidade, como o **JIT** - *Jidoka, Kaizen e Heijunka*. Estes novos métodos em sintonia com as pessoas estarem no centro de todo este sistema, motivando, liderando, treinando e incutindo uma cultura de melhoria contínua em todos os processos levou ao sucesso do *Lean Manufacturing*.

A *Toyota* criou o modelo dos quatro P's, onde podemos analisar melhor esta nova cultura (Liker & Meier, 2006):

- **Philosophy:** Metas e objectivos a longo prazo;
- **Process:** Fluxo contínuo de processos, sistema *Pull* para evitar desperdícios, testes de qualidade, melhoria contínua;
- **People and Partners:** Fomentação da filosofia *Lean* nos líderes para que estes a passem aos colaboradores;
- **Problem Solving:** Melhoria e aprendizagem contínua, para tomar as melhores decisões e com a rapidez exigida.

2.1.2 OBJECTIVOS DO LEAN MANUFACTURING

Qualquer indústria ou empresa que deseje alcançar ou manter vantagem competitiva no mercado tem de ter, implementado nos seus sistemas, técnicas de produção e controlo, que têm como principal objectivo a busca da máxima produção, pois só assim será possível obter o sucesso pretendido.

O *Lean Manufacturing* é uma cultura que abrange várias áreas distintas, desde a gestão dos materiais, qualidade, processo produtivo, desenvolvimento do produto, organização do trabalho e gestão dos recursos humanos.

A implementação desta filosofia na indústria permite reduções nos stocks, aumento da capacidade disponível, diminuição dos tempos de fabrico, bem como melhorias na produtividade e na qualidade dos produtos fabricados.

Assim sendo, os **principais objectivos do *Lean Manufacturing*** são:

- Flexibilização da empresa;
- Produção dos produtos necessários;
- Produção com a qualidade desejada;
- Menor *Lead Time* na concepção de novos produtos e na produção;
- Melhoria no atendimento ao cliente;
- Menor perda (maior valor agregado ao produto);
- Maior retorno de investimento;
- Redução de stocks, produtos acabados e matérias-primas;
- Redução dos custos de fabrico;
- Redução no custo e no tempo de transporte dos produtos entre o fornecedor e o cliente;
- Eliminação dos desperdícios;
- Envolvimento das pessoas nos processos.

***Lean Thinking* – Criar Valor e Eliminar Desperdícios**

Neste ponto aborda-se a filosofia *Lean* e as suas técnicas e ferramentas. O *Lean Manufacturing* pode ser considerado como uma “cura” para a *muda* (palavra que significa desperdício em japonês). Para pôr esta filosofia em prática temos de identificar nos vários processos o que é valor, e tentar fazer com que o valor seja cada vez maior. Em suma, o *Lean Manufacturing* indica-nos um caminho para produzirmos cada vez mais, com cada vez menos, trabalhando de uma forma eficiente e satisfatória, e dando um *feedback*

imediatamente aquando do surgimento de algum problema, para que se converta *muda* em valor (Womack e Jones, 2003).

Segundo Womack e Jones (2003) o *Lean Manufacturing* rege-se fundamentalmente por **cinco princípios**, sendo eles:

- **Definição do que é valor:** No Lean Manufacturing a primeira coisa a fazer é identificar com clareza o que pode ser valor na empresa. Normalmente valor é definido como as necessidades do consumidor final, ou seja, o valor é criado por quem produz a partir das características do cliente. Ainda hoje por muitas razões, é difícil para o produtor definir correctamente o que é valor. Valor pode ser especificado como um produto que a empresa vende a um determinado preço e de que modo a sua qualidade e entrega podem ser melhoradas e adaptadas às necessidades do cliente, ao mesmo tempo que os custos são reduzidos.

As empresas têm que começar a não pensar só nos seus activos, mas sim a tentar formular a ideia de valor a partir da óptica do cliente, desenvolvendo produtos que vão de encontro às especificidades dos consumidores.

- **Fluxo de Valor (*Value Stream*):** Planear o fluxo de processos é uma etapa importante da filosofia *Lean* com vista à eliminação de desperdícios. Esta etapa é realizada através da identificação das várias actividades pertencentes a um processo produtivo, onde posteriormente se eliminam ou se reduzem todas aquelas que não agregam valor.

Na cultura *Lean* a empresa tem que ser vista como um todo e não por partes, para que possa assim ser delineada toda a estrutura da organização e respectivos fluxos, desde a chegada dos pedidos de encomenda, recebimento dos materiais, controlo, produção, vendas e administração.

- **Fluxo:** Após o valor ter sido determinado correctamente, o fluxo de valor ter sido mapeado e todas as actividades que não agregam valor terem sido eliminadas, tem de se fazer com que as restantes actividades fluam. Primeiramente era muito usada a chamada produção por lotes, pois cada departamento trabalhava para si, fazia a sua parte do todo. Apesar de nesta situação as máquinas trabalharem na força

máxima, as esperas nos processos eram elevadas, havia demasiada acumulação de materiais em certos pontos e isto não era realmente eficiência.

A primeira vez que alguém tentou otimizar o fluxo na produção foi Henry Ford, que ordenou sequencialmente todas as etapas do processo na produção do modelo T, desde que recebia a matéria-prima até ao envio do carro ao cliente. Com isto, conseguiu reduzir em 90% o volume de esforços requeridos para a produção desse modelo. O problema era que o método utilizado era pouco flexível, apenas funcionava para elevados volumes de produção, onde o produto utilizava sempre os mesmos componentes e era feito por um longo período de tempo.

Foi então, após o término da II Guerra Mundial, que Taiichi Ohno chegou à conclusão de que algo era preciso ser mudado ou melhorado no método anteriormente falado. Ele pensava que se deveria criar um fluxo contínuo de materiais, trabalhando com pequenos lotes de produção e para volumes de produção mais pequenos. Os trabalhadores de Ohno habituaram-se a trabalhar com fluxos contínuos de produção, onde a flexibilidade era primordial, conseguiam mudar rapidamente as ferramentas e adaptar as máquinas com facilidade às novas tarefas.

No *Lean* dá-se então uma nova ênfase aos trabalhadores, para que eles sejam capazes de criar mais valor, dando-lhes flexibilidade e adaptando-os às diversas tarefas.

- **Sistema de Produção Pull:** O sistema *Pull*, mais conhecido por *Just in Time* (JIT), tem por base produzir somente o que os clientes encomendam, nas devidas quantidades e no tempo certo. Quem determina o que vai ser produzido é o cliente e a partir daí faz-se a programação da produção. Isto vem contrariar o conceito anterior em que o objectivo era que as máquinas e os recursos humanos estivessem o máximo de tempo ocupados, independentemente do que era necessário produzir. Este método pode ser usado tanto externamente como internamente, sendo que, assim, os materiais só devem passar à fase seguinte quando forem requisitados.
- **Perfeição:** Apesar de parecer inatingível, as empresas estão a tentar alcançá-la continuamente. Através de uma melhor definição do que é valor, da eliminação de todo o tipo de desperdícios, redução de esforços, tempo, custos e erros, da adopção

do sistema *Pull*, a perfeição está cada vez mais próxima de ser atingida, ou pelo menos, cada vez há um melhor caminho nessa direcção. Com esta cultura *Lean*, todos os problemas do fluxo são expostos podendo ser posteriormente eliminados, ganhando, assim, valor. O contacto com o cliente torna-se fundamental para que se possam delinear novas oportunidades de valor. Transparência é uma palavra-chave nesta nova cultura, *Lean Thinking*.

Na Figura 1 está representado um esquema dos 5 princípios do *Lean Manufacturing*, que servem de base para alcançar o objectivo principal, eliminação de desperdícios.

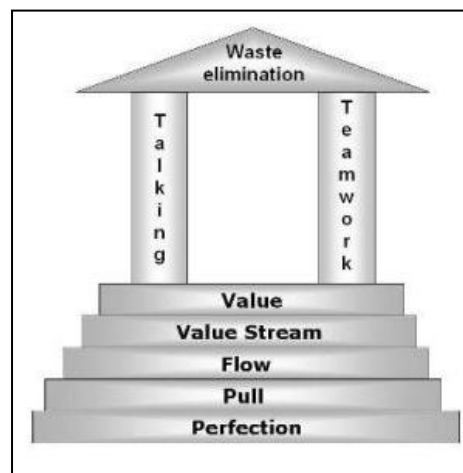


Figura 1 - Os cinco princípios do *Lean Manufacturing* (Adaptado de Womack e Jones (2003))

2.1.3 LEAN MANUFACTURING - TIPOS DE DESPERDÍCIOS

Lean é sinónimo de produzir cada vez mais com cada vez menos, menos recursos humanos, menos tempo gasto, menos custos. Para conseguir isso teremos de seguir os cinco princípios falados anteriormente: Definição de Valor, Fluxo de Valor, Fluxo, Sistema *Pull* e Perfeição.

“Actuamos desde o momento em que o cliente faz o pedido até ao momento em que recebemos o pagamento. Estamos a reduzir o tempo e a eliminar os desperdícios e as actividades que não agregam valor” (Ohno, 1988).

Na cultura *Lean* a primeira a coisa a ser feita é identificar o que está a mais no processo, o que não agrega valor, eliminando de seguida essas actividades ou desperdícios.

Taiichi Ohno identificou **sete tipos de desperdícios** (Ohno., 1988):

- **Transportes:** Transportes de matérias-primas ou produtos acabados que são totalmente ineficientes ou mesmo desnecessários;
- **Inventário:** Matérias-primas, componentes ou produtos acabados parados, sem estarem a ser processados;
- **Espera:** Operadores à espera da próxima etapa do processo, de ferramentas ou de componentes;
- **Excesso de Produção:** Produzir a mais do que os clientes pedem, criando *stocks* muito elevados;
- **Excesso de Processos:** Processos que não criam valor, ferramentas ineficazes para determinada tarefa;
- **Defeitos:** Excesso de produtos defeituosos, de retalhos e de sucata. Existência de inspecções ineficazes;
- **Movimentação:** Movimentos desnecessários de recursos ou equipamentos.

Por vezes pode-se conseguir melhorar o modo de funcionamento de um equipamento ou até melhorar determinada actividade, no entanto o resultado final para o fluxo de valor

total poderá ser diminuto, pois muitas vezes melhoram-se tarefas ou actividades que não agregam valor, logo estar a melhorá-las não irá aumentar o valor do processo como um todo. Estas actividades devem ser eliminadas e as que realmente agregam valor devem ser melhoradas.

2.2 O DIAGRAMA *TPS HOUSE*

Durante vários anos a Toyota difundiu o TPS pelas suas várias fábricas, sem nunca o ter documentado, o que trouxe alguns benefícios. Líderes e colaboradores estavam numa aprendizagem contínua, descobrindo novos métodos e técnicas e acrescentando-os ao sistema implementado, melhorando-o. Estas boas práticas espalharam-se muito rapidamente por todas as empresas e até pelos fornecedores, o que lhes garantia produtos de qualidade e a baixo custo.

Taiichi Ohno (1988), decidiu, então, fazer uma representação gráfica do TPS sob a forma de uma casa com elevado grau simbólico que fazia transparecer o que era realmente o sistema *Lean Manufacturing*.

Ohno, fez um diagrama em forma de casa (Figura 2), pois uma casa tem uma estrutura bem definida, em que cada parte desempenha uma função específica, quer de suporte, de estabilidade ou mesmo de segurança.

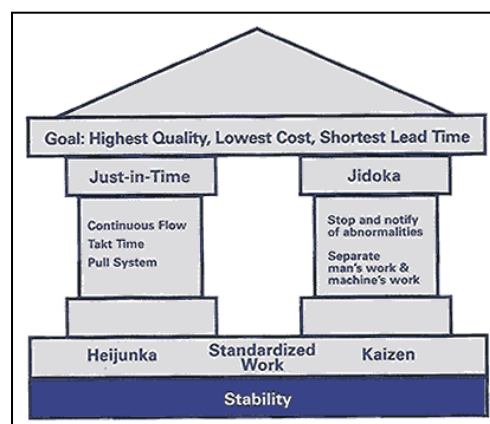


Figura 2 - Diagrama TPS House (Adaptado de Ohno (1988))

No tecto desta casa estão representados os objectivos gerais e a essência do TPS, elevada qualidade, baixos custos e *lead-times* mais curtos. Depois há dois pilares de suporte onde estão o *Just-in-Time*, uma das ferramentas principais do *Lean Manufacturing*, e o *Jidoka*, que transmite qualidade, ao nunca deixar passar o defeito para a próxima fase do processo. No centro da casa estão as pessoas, onde está incutida a filosofia *Lean*, pois são elas que são treinadas e orientadas para resolver os vários problemas que vão aparecendo. Na base estão simbolizadas algumas técnicas essenciais para suporte do sistema que visam a standardização, como *Kaizen*, processos de melhoria contínua, e *Heijunka*, que visa nivelar a produção. Por fim, nas fundações da casa está a estabilidade, fundamental na aplicação desta filosofia.

Cada parte da casa (Figura 2), ou cada elemento, tem extrema importância, mas o comportamento dessas partes como um todo é que faz a consistência e estabilidade do sistema.

2.3 BOSCH PRODUCTION SYSTEM (BPS)

A BOSCH preocupa-se constantemente com a melhoria contínua nos processos, apresentando uma cultura *lean* bem implementada. Assim, como a Toyota tem o TPS, o Grupo BOSCH tem o BPS (*Bosch Production System*).

A aplicação deste sistema tem como principais objectivos a redução do desperdício em todos os processos, tornando-os mais simples, mais transparentes e mais flexíveis. É necessário um grande envolvimento de todos os colaboradores no seu trabalho diário, de modo a ultrapassar as expectativas dos clientes e melhorar a rentabilidade da empresa.

O BPS assenta fundamentalmente em oito princípios, sendo eles (Bosch, 2007):

- **Orientação ao processo:** postos de trabalho orientados ao processo, aumentando a eficiência e diminuindo os desperdícios;
- **Sistema a Puxar (*Pull*):** Produzir exactamente o que o cliente pede, no tempo e quantidade certos;
- **Normalização:** sistematizar os melhores métodos;

- **Qualidade Perfeita:** não receber, produzir ou enviar defeitos;
- **Flexibilidade:** essencial para poder responder prontamente aos pedidos dos clientes;
- **Processos Transparentes:** para que todos estejam a par do caminho a seguir e dos objectivos traçados;
- **Continuous Improvement Process (CIP):** Melhoria contínua e eliminação de desperdícios;
- **Empowerment:** Envolvimento e delegação de poder aos colaboradores.

Estes oito princípios do BPS, e a forma como influenciam a satisfação dos colaboradores e dos clientes, estão esquematizados na Figura 3.

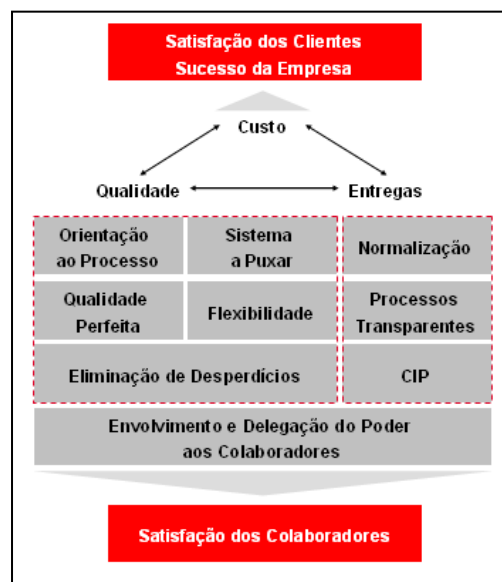


Figura 3 - Esquematização dos oito princípios do BPS (Fonte: Bosch, 2008a)

As actividades BPS encontram-se divididas pelos três principais segmentos que constituem cadeia de valor da BOSCH. As actividades *Source* são aquelas que estão directamente relacionadas com os fornecedores. As actividades *Make* compreendem todas as actividades internas relacionadas com a produção. Por fim, as actividades *Deliver* consistem nos projectos realizados com o objectivo de otimizar a capacidade de entrega do produto final aos clientes.

Elementos e Ferramentas BPS

Distribuídos por quatro campos de acção, os elementos BPS permitem a implementação e asseguram que os princípios BPS são praticados diariamente. De seguida serão apresentados alguns desses elementos e ferramentas utilizadas para uma boa prática do BPS.

- **Tópicos Gerais:** *Policy Deployment, Value Stream Planning, Planning Guideline*, Desenho para a Produção, Planeamento do Ciclo de Vida do Produto, Trabalho Normalizado e Melhoria Contínua;
- **Qualidade:** Sistemas de Reacção Rápida, *Andon*, Manutenção Produtiva Total, *PokeYoke*, Ferramentas de Qualidade, Cinco S's e Gestão Visual;
- **Produção:** Produção Orientada por Equipas, *Layout* Orientado ao Fluxo, Mudança Rápida de Ferramentas e *LeanLine Design*;
- **Logística:** Sistema a Puxar (*Pull*), *Ship to Line*, Nivelamento e *Milk-run* Interno.

2.4 CINCO S'S

Os cinco S's são uma ferramenta que, de uma forma geral, visa a melhoria das condições de trabalho. O nome desta ferramenta vem das iniciais das cinco palavras japonesas que são os pilares desta técnica:

- **Seiri (Organização):** Eliminação do inútil;
- **Seiton (Identificação):** Depois do *Seiri*, é necessário que se disponham as ferramentas de forma a terem fácil acesso e serem devidamente identificadas;
- **Seiso (Limpeza):** Manter o posto de trabalho sempre limpo;
- **Seiketsu (Padronização):** Criar rotinas de trabalho, para que os S's anteriores sejam cumpridos;
- **Shitsuke (Disciplina):** O colaborador deve ser disciplinado para manter sempre o bom estado do posto de trabalho.

Algumas vantagens dos cinco S's (Bosch, 2007):

- Obtenção de um ambiente limpo, agradável, prático e seguro;
- Evita que o colaborador perca tempo à procura de ferramentas;
- Diminui a ocupação excessiva de espaço;
- Melhora as condições de trabalho e poupa os equipamentos;
- Diminui os riscos de acidentes de trabalho;
- Fazem transparecer *muda* que estava latente. É aconselhável que sejam feitas auditorias periódicas para avaliar o cumprimento dos 5S's.

2.5 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

A filosofia de Manutenção Produtiva Total foi implementada na BOSCH Termotecnologia em 2005 e desde a sua aplicação que as vantagens para a empresa são altamente visíveis e animadoras.

O projecto TPM descreve as tarefas e as actividades da manutenção para máquinas e equipamentos existentes, com o objectivo de evitar interrupções não planeadas e reduzir as paragens planeadas. As tarefas e as actividades na fase de continuidade do TPM cabem às equipas da produção e aos responsáveis da manutenção internos ou externos nas funções em linha.

O TPM tem quatro objectivos principais que formam os quatro pilares de suporte para esta estrutura (Figura 4):

- **Eliminação dos Principais Problemas:** Significa, no sentido de evitar os desperdícios e de promover o contínuo aperfeiçoamento, colocar os operadores em condições de analisar sistematicamente as falhas que surgirem, de identificar as suas causas e eliminá-las de forma permanente;
- **Manutenção Autônoma:** Significa que todas as actividades rotineiras de manutenção do equipamento serão executadas autonomamente, de acordo com a correspondente qualificação, pelos operadores, no conceito de trabalho em equipa;
- **Manutenção Planeada:** Através de medidas permanentes de manutenção, os equipamentos e as instalações serão mantidos tão “perfeitos” que não haverá mais interrupções não planeadas e a vida útil desses equipamentos e instalações será substancialmente prolongada;
- **Planeamento de Novos Equipamentos:** Significa que a possibilidade de manutenção, a acessibilidade e a facilidade de operação dos equipamentos e instalações, serão consideradas já na fase de planeamento e aquisição.

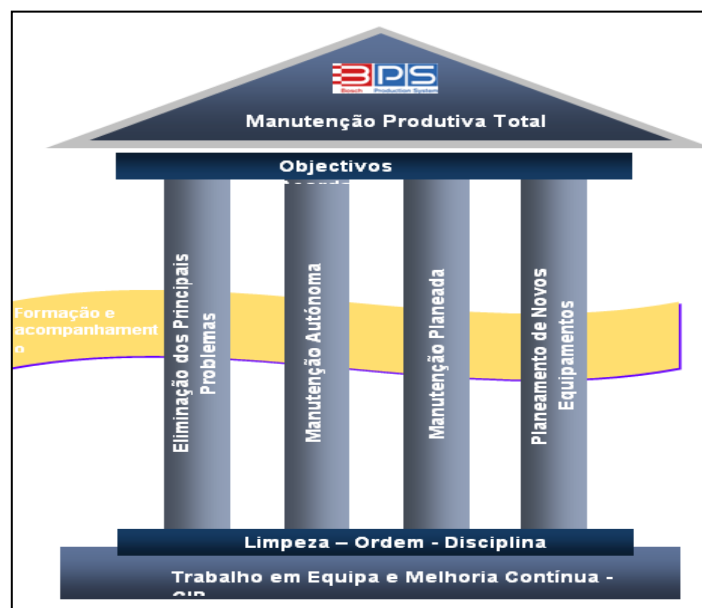


Figura 4 - Os 4 pilares TPM (Bosch, 2008b).

2.6 CONTINUOUS IMPROVEMENT PROCESS (CIP)

"Deve-se aspirar sempre a melhoria do estado actual. Ninguém deve dar-se por totalmente satisfeito com o que já foi alcançado, devendo ambicionar a constante melhoria da sua área" (Robert Bosch).

O processo de melhoria contínua é um factor fundamental para que a BOSCH seja uma empresa de sucesso a nível mundial. A grande preocupação de querer inovar e estar sempre na vanguarda da tecnologia faz com que a BOSCH aposte em I&D (Investigação e Desenvolvimento) e na melhoria contínua de todos os processos relacionados com a produção. Esta melhoria tanto pode ser feita dentro das próprias instalações com nos fornecedores.

O CIP foi implementado na BOSCH em 1991 e, é um processo que envolve todos os departamentos e todas as operações da empresa. O CIP utiliza diversas actividades *kaizen* (melhoria contínua) para a obtenção da qualidade máxima, eliminação de desperdícios em todos os processos tornando-os mais simples, transparentes e flexíveis e ainda orientação para o cliente. A Figura 5 ilustra as actividades do CIP.

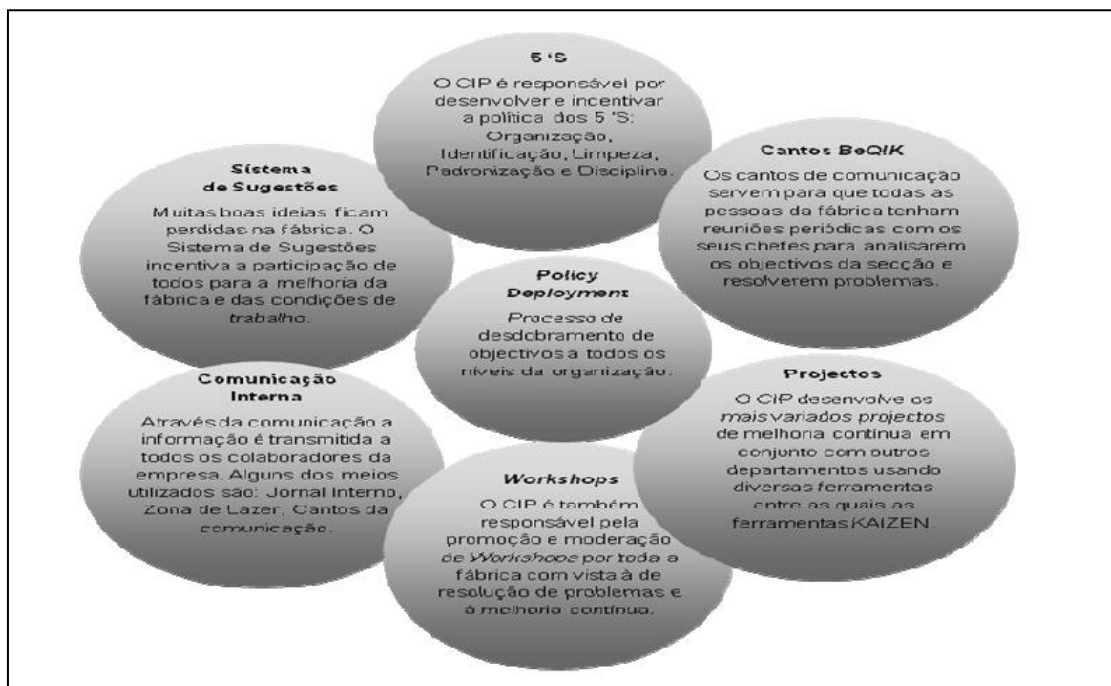


Figura 5 - Actividades do CIP (Adaptado de Bosch, 2008c)

O CIP baseia-se em seis princípios (Bosch, 2008):

- O processo de melhoria contínua é um processo sem fim em busca da “perfeição”;
- Visa a satisfação total dos clientes internos e externos;
- A qualidade do trabalho depende de cada um;
- As causas dos defeitos e do *muda* devem ser eliminadas de forma rápida e permanente;
- Todos os colaboradores devem participar no processo de melhoria contínua;
- O trabalho do processo de melhoria contínua deve ser em equipa e deve existir o reconhecimento da capacidade e do êxito.

2.7 ORGANIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRABALHO

Com o evoluir dos tempos deram-se grandes mudanças ao nível dos processos de trabalho, novos métodos e técnicas foram sendo acrescentados aos mais antigos métodos utilizados, “Tayloristas” e “Fordistas”.

Com as indústrias orientadas para uma maior flexibilidade e na tentativa de eliminar desperdícios de tempo, juntado à cada vez maior capacidade dos operadores em se adaptarem aos novos processos produtivos, tem havido grandes mudanças na distribuição das tarefas, otimizando o ritmo do processo produtivo.

Uma cada vez maior fiscalização e exigência ao nível da qualidade dos produtos tem levado a que a melhoria contínua se intensifique, a uma padronização de processos e à obtenção de certificados de qualidade, que requerem readaptações na execução das tarefas, onde simultaneamente se realizam outras actividades como TPM (*total productive maintenance*) ou o CEP (controlo estatístico do processo).

O trabalho em equipa tem sido um factor fundamental para o sucesso da actividade industrial, onde os operadores desempenham várias tarefas em vários postos de trabalho, fazendo com que uma linha de montagem tenha uma grande flexibilidade e haja menos

tempos mortos. O trabalho em grupo requer uma grande comunicação e entrosamento entre as pessoas que constituem esse grupo.

2.8 CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO E TIME-TO-MARKET (TTM)

2.8.1 CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO

Como se sabe todos os produtos têm um ciclo de vida. Normalmente este ciclo de vida é descrito desde que o produto entra no mercado e, está associado a quatro fases, nomeadamente, a Introdução, quando se lança o produto no mercado, o Crescimento, quando o mercado começa realmente a conhecer o produto e a consumi-lo, a Maturidade, quando o produto já é de conhecimento amplo do mercado e onde normalmente se dão os picos de vendas e, o Declínio, quando há uma saturação do mercado, o produto não desperta mais o interesse do mercado sendo que as vendas começam a cair (Figura 6).

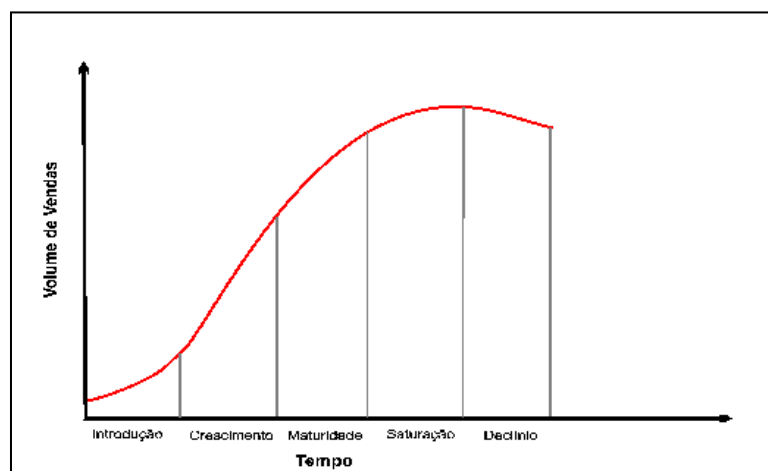


Figura 6- Ciclo de vida de um produto desde a sua entrada no mercado (Fonte: Serrano, 2007)

Hoje em dia, há uma tendência em associar o termo “ciclo de vida de um produto” também a todo o processo de desenvolvimento do mesmo, desde o seu planeamento, passando por toda a fase de desenvolvimento do processo até o produto entrar no mercado e só depois então se seguem as quatro etapas descritas em cima (Figura 7).

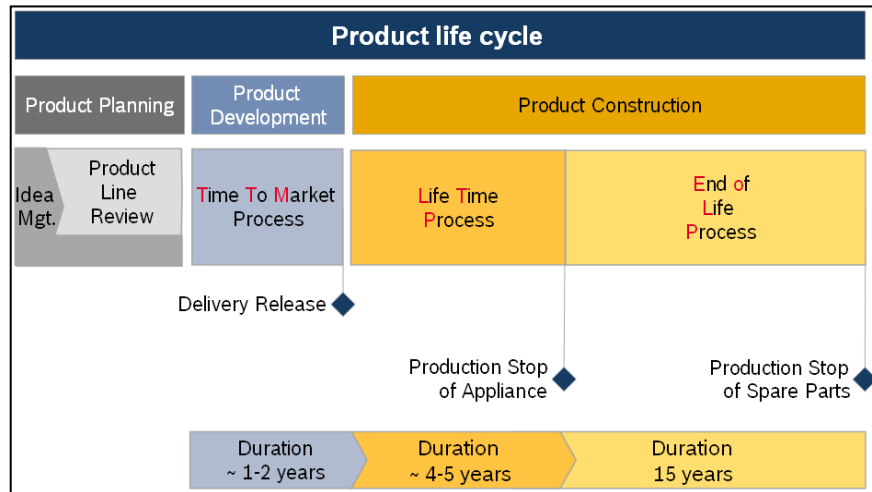


Figura 7 - Ciclo de vida de um produto desde o seu planeamento (Fonte: Bosch, 2008d)

Neste “novo” ciclo de vida de um produto vai-se fazer um breve introdução à fase de desenvolvimento do produto, denominada *Time-to-Market* (TTM) para depois se poder incidir numa das fases mais decisivas do TTM, o *Ramp-Up*, ou seja, o início da produção do produto.

2.8.2 TIME TO MARKET

Define-se como *Time-to-Market* o tempo de colocação de um novo produto no mercado, ou seja, desde o momento em que se processa a ideia e a concepção do produto a desenvolver até à sua colocação no mercado à disposição do consumidor final.

Um *Time-to-Market* reduzido constitui uma vantagem competitiva sobre os concorrentes e, significa uma redução no tempo e nos custos de chegada do novo produto.

O seu encurtamento traduz-se numa maior eficiência no desenvolvimento do produto, permitindo que o produto em causa possa ter um ciclo de vida mais pequeno, o que é uma grande vantagem competitiva.

Para que se consiga encurtar esta fase de desenvolvimento do produto mantendo a eficácia do projecto, é necessário um planeamento metódico e cuidado, onde é necessário ter em mente o objectivo real do produto, estruturar as suas características, conhecer bem o seu público-alvo, para que a sua entrada no mercado seja feita da melhor maneira e sem qualquer adversidade.

O TTM engloba várias fases como demonstrado na Figura 8.

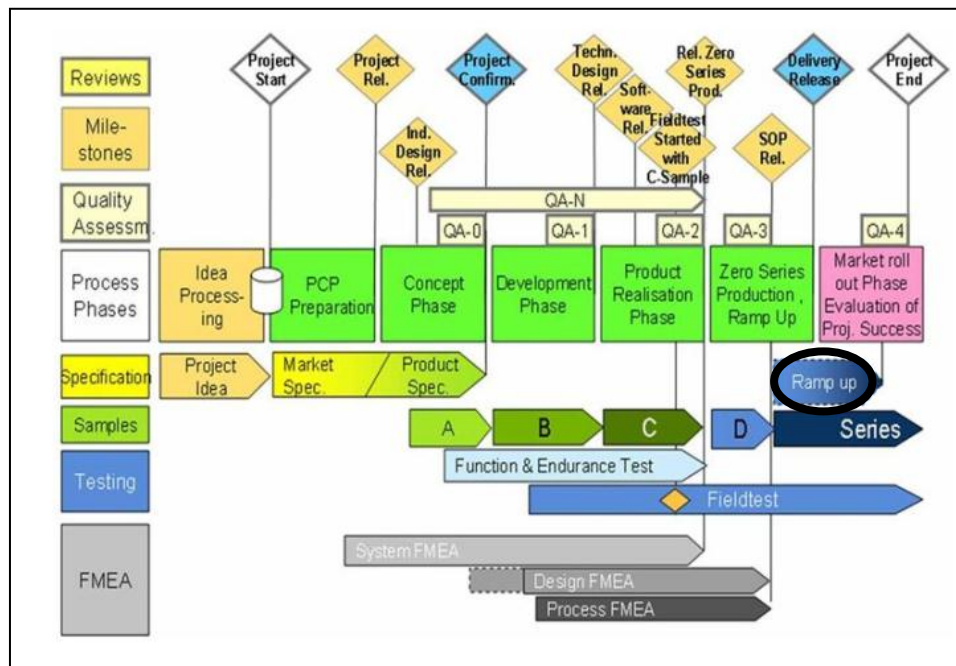


Figura 8 - Esquema demonstrativo das fases do Time-to-Market (Fonte: Bosch, 2008d)

Neste esquema pode-se visualizar onde se encaixa a fase de que vai ser descrita de seguida, o *Ramp-Up*, fase de arranque da nova linha produtiva e respectivo início de produção de um novo produto.

2.9 RAMP-UP

2.9.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DO RAMP-UP

Todas as fases do TTM têm a sua importância, mas a fase do *Ramp-Up* é, talvez, aquela que nos deixa mais ansiosos e expectantes na hora de lançar um novo produto, já que é aqui que o produto começa realmente a ser produzido e entra no mercado. É a fase de lançamento da produção do novo produto.

Normalmente o *ramp-up* é precedido do lançamento de uma nova linha produtiva ou então de alterações numa linha anterior, o que vai fazer com que surjam problemas do mais variado tipo. Para reduzir estes problemas, todas as fases anteriores ao *ramp-up* têm de ser detalhadamente acompanhadas e analisadas, para que quando chegue o momento de iniciar a produção a margem de erro seja menor. Na fase que precede o *ramp-up*, há várias coisas a ter em conta, desde definições de *layout* optimizadas, infra-estruturas, aquisição e acompanhamento da evolução dos equipamentos no fornecedor, testes de capacidade dos equipamentos, quer no fornecedor quer na fábrica, preparação de toda a documentação técnica necessária e preparação da implementação da nova linha na fábrica da melhor maneira.

Após o início do *ramp-up* os problemas irão surgir, em maior ou menor quantidade, e tem de se estar preparado para enfrentá-los do modo mais eficaz e eficiente, detectando as falhas ou erros, analisando-os e actuando sobre eles, encontrando as melhores soluções para corrigir esses mesmos problemas.

Esta fase, normalmente, começa com um ritmo produtivo substancialmente baixo, e tende a subir gradualmente até chegar ao ritmo produtivo normalizado, o que pode durar entre 2 a 6 meses, dependendo da complexidade do processo e respectivo sucesso obtido durante produção.

Durante todo o *ramp-up* é necessário um grande acompanhamento técnico, para ir corrigindo os erros que aparecem e ir optimizando o processo através de acções de melhoria contínua.

O presente caso de estudo foi baseado no acompanhamento da implementação de uma nova linha de produção, na BOSCH Termotecnologia S.A. para a montagem de um novo produto denominado Colector Solar SKW.

2.9.2 APRENDIZAGEM DURANTE O RAMP-UP

Rápidos ciclos de vida do produto e altos custos no seu desenvolvimento criam altos níveis de pressão nas empresas para reduzir não só o tempo de desenvolvimento do produto (*time-to-market*), mas também o tempo para atingir a plena utilização da capacidade (*time-to-volume*). O período entre a conclusão do desenvolvimento do produto e a plena utilização da capacidade produtiva é então denominado de *ramp-up*.

Durante esse tempo, o novo processo de produção é mal compreendido, o que faz com que os rendimentos e as taxas de produção sejam baixas. A análise das interações entre a utilização da capacidade, a produtividade e a melhoria no processo (aprendizagem) é muito importante. Durante o *ramp-up* existe uma aprendizagem através da experimentação, o que cria um *trade-off* entre as experiências e a produção. Altos preços praticados durante o *ramp-up* aumentam o custo de oportunidade da aprendizagem por experimentação, assim, a aprendizagem *à priori* é mais importante que a aprendizagem *à posteriori*. É importante avaliar este *trade-off* entre o custo de oportunidade da capacidade a curto prazo e o valor a longo prazo da aprendizagem.

Também é fundamental avaliar o dilema entre a velocidade de produção e produtividade/qualidade, onde taxas de produção mais rápidas conduzem a mais defeitos. O processo de produção é muito complicado, máquinas avariam, as configurações são lentas, operações especiais são necessárias para corrigir os erros do produto e do processo. Com o tempo e a aprendizagem sobre o processo de produção e equipamentos, a capacidade produtiva vai crescer gradualmente até chegar aos patamares esperados.

Um *ramp-up* de um novo produto pode durar um quarto do ciclo de vida do mesmo (produtos informáticos). Durante este período, os rendimentos e as taxas de produção aumentam gradualmente enquanto a aprendizagem decorre. Os processos de aprendizagem incluem ajustamento e alterações nas receitas do processo, modificação de ferramentas e

equipamentos, com vista a reduzir os defeitos e tempos de inactividade, e desenvolvimento de métodos mais rápidos e eficientes com vista a uma melhoria contínua (Terwiesch e Bohn, 2001).

Nem todos os *ramp-ups* são bem sucedidos, tanto em termos técnicos como financeiros. Por vezes as fábricas são incapazes de aumentar a produtividade até ao nível do equilíbrio, ou demoram tanto tempo que o produto não gera receita suficiente para pagar os seus custos fixos. Os rendimentos são uma importante variável durante o *ramp-up* porque têm um grande efeito sobre a economia do processo e porque rendimentos baixos reflectem falhas na compreensão do processo e estão ligados ao conhecimento e aprendizagem.

Zangwill e Kantor (1998) referem que a aprendizagem pode ocorrer em ciclos, onde um fim de um ciclo corresponde ao ponto de partida para o próximo ciclo. Cada ciclo pode ser visto como a remoção de alguns “resíduos” do sistema de produção, podendo esses “resíduos” ser defeitos, causando perdas de rendimento e de tempo, causando uma produção mais lenta ou também podem ser excessos no inventário. A partir daqui pode-se formar um quadro muito geral com diferentes formas e processos de melhoria.

A variabilidade nos processos produtivos nesta fase do *ramp-up* causa esperas do material em determinados pontos da linha de produção, o que leva a um alongamento dos tempos de ciclo. Durante o *ramp-up* existem variadas fontes de variabilidade, nos equipamentos, processos tecnológicos, produto e pessoas. Para fazer frente a estas adversidades que vão surgindo, os engenheiros têm de conhecer melhor o produto e melhorar os processos produtivos, ao mesmo tempo que os equipamentos são instalados e as pessoas formadas. Tudo isto vai ter um grande impacto no fluxo de material e nos tempos de ciclo, que se irá reflectir mais tarde no sucesso ou insucesso do *ramp-up*.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO PROJECTO

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO PROJECTO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente projecto surgiu no seguimento do estágio profissional realizado nas instalações da BOSCH Termotecnologia, S.A. (Figura 9), que é um dos pólos do grupo BOSCH, em Portugal. Seguidamente proceder-se-á à apresentação do grupo Bosch, da sua representatividade em Portugal e, especificamente, da divisão Termotécnica, onde se insere a BOSCH Termotecnologia SA, sendo, ainda, descrita a evolução histórica desta.



Figura 9 - Bosch Termotecnologia, S.A (Fonte: Bosch (2007)).

3.1.1 GRUPO BOSCH

Nascida em 1886 em Estugarda, a Robert Bosch foi desde sempre uma empresa marcada pela enorme paixão pela inovação e um incomparável espírito empreendedor. Começou por ser uma Oficina Mecânica de Precisão e Electrónica e cresceu até ser um grande grupo multinacional e um dos maiores grupos industriais da Alemanha de hoje. O seu crescimento foi sempre apoiado num percurso feito de entusiasmo, inovação tecnológica e sentido de responsabilidade social e ecológica que conduziu ao sucesso.

O grupo Bosch é detido em 92% pela fundação Robert Bosch que, tem a seu cargo actividades filantrópicas e sociais tal como estipulou o seu fundador, alargando os seus objectivos para corresponder à sociedade moderna. A fundação Robert Bosch utiliza os

seus fundos para apoio a actividades inter-culturais, de carácter social e investigação médica.

O grupo Bosch tem várias áreas de negócio tais como: tecnologia automóvel, tecnologia dos metais, tecnologia de automação, tecnologia de embalagem, termotecnologia, electrodomésticos, ferramentas eléctricas, sistemas de segurança e redes de banda larga.

Conta com cerca de 280.000 colaboradores em todo o mundo e o volume de negócios do grupo, em 2009, foi de aproximadamente 45.1 mil milhões de euros, sendo que a principal área de negócio é a tecnologia automóvel que representou cerca de 58% do total das vendas do grupo, 26.5 mil milhões de euros. Esta grande aposta na indústria automóvel faz com que a Bosch seja um dos maiores e mais respeitados fabricantes de tecnologia automóvel do mundo.

3.1.2 GRUPO BOSCH EM PORTUGAL

O Grupo Bosch em Portugal é representado por 6 empresas: BoschTermotecnologia SA (Aveiro), BoschCarMultimedia Portugal (Braga), a Robert Bosch Travões (Abrantes), BoschSecuritySystems (Ovar), Motometer Portuguesa (Vila Real) e a Robert Bosch,SA (Lisboa). Empregando cerca de 3.500 colaboradores apresentou, em 2009, um volume de vendas de 765 milhões de euros.

Em Portugal, o Grupo Bosch, opera principalmente nas áreas de Termotecnologia, Ferramentas Eléctricas, Electrodomésticos e Sistemas de Segurança.

3.1.3 DIVISÃO TERMOTÉCNICA

O Grupo BOSCH está dividido em 3 áreas de negócio: tecnologia automóvel, tecnologia industrial, bens de consumo e tecnologia de construção. Esta divisão está inserida na área de negócios dos bens de consumo e tecnologia de construção.

A divisão de Termotecnologia da BOSCH é uma das divisões com maior peso no Grupo internacionalmente. Esta divisão é líder mundial na produção de esquentadores e um dos maiores fabricantes do mundo de produtos para aquecimento central.

As grandes características desta divisão são a segurança, a fiabilidade, a inovação e a melhor relação custo/benefício do mercado em função da qualidade e durabilidade dos seus produtos.

A BOSCH Termotecnologia SA em Aveiro faz parte da divisão Termotécnica e é, também, onde está situado o centro de competências e tomadas de decisão de toda esta área de negócio do Grupo.

3.1.4 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A BOSCH Termotecnologia S.A. iniciou a sua actividade em Cacia, Aveiro, no ano de 1977 com o nome de Vulcano. Inicialmente esta empresa foi constituída por capital exclusivamente nacional. Dedicava-se ao fabrico e comercialização de esquentadores a gás em Portugal.

O crescimento baseado na qualidade dos aparelhos produzidos e de uma estratégia de vendas bem organizada, consolidada em 1983 com o lançamento de uma marca própria - Vulcano - e de assistência pós-venda, garantem-lhe uma rápida e sólida liderança no mercado nacional de esquentadores em 1985.

Em 1988, com a aquisição da maioria do capital pelo Grupo BOSCH, a fábrica Vulcano, agora Vulcano Termodomésticos, S.A., passa a integrar a divisão de Termotécnica da Bosch, que transfere para Portugal competências e equipamento existentes iniciando um processo de especialização dentro do Grupo.

Em 1992, a Vulcano Termodomésticos, S.A., atinge a liderança do mercado europeu e o 3º lugar na produção de esquentadores a nível mundial. Com estes excelentes resultados a empresa passa a ser o centro de competências da Robert Bosch para este produto sendo assim responsável pela concepção e desenvolvimento de novos produtos bem como pelo seu fabrico e comercialização.

A partir do momento em que a fábrica passou a ser o centro de investigação e desenvolvimento deste produto, foi pioneira em diversos aparelhos revolucionários que obtiveram grande sucesso no mercado nacional e europeu, consolidando, assim, a sua liderança nestes mercados.

Em 1996, a Vulcano começou a produzir caldeiras murais a gás. E, no ano de 1999, atingiu a marca histórica de 1 milhão de esquentadores produzidos.

Em 2006, decidiu apostar nas energias renováveis com a produção de painéis solares térmicos, produto esse que está a ter um grande sucesso. Actualmente a fábrica continua a expandir esta nova vertente do negócio com o objectivo de se tornar líder do mercado nacional.

Hoje em dia, a BOSCH Termotecnologia, está empenhada não só em manter, como também em reforçar a liderança nacional na produção de esquentadores e caldeiras, e também apostar fortemente nas energias renováveis, sempre garantindo os mais elevados padrões de qualidade e o respeito pelas normas ambientais.

3.2 DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO (TEF3)

3.2.1 APRESENTAÇÃO DO DEPARTAMENTO

O Departamento de Desenvolvimento de Processo, mais conhecido por TEF 3 (*Technical Engineering Functions*) desempenha as mais variadas funções na empresa, podendo executar tarefas ligadas a qualquer área da fábrica, dependendo do projecto em que está integrado. Por estas mesmas razões é caracterizado por ser um departamento muito flexível.

O TEF3 focaliza-se principalmente em tudo o que diz respeito a equipamentos e desenvolvimento de processos, desde o planeamento, aquisição e aprovação de equipamentos, até ao processo produtivo. Seguidamente serão descritas algumas das principais funções deste departamento.

3.2.2 FUNÇÕES E OBJECTIVOS DO DEPARTAMENTO

O TEF3 tem como principais funções e objectivos o desenvolvimento de processos de fabrico e planeamento de novos produtos, a participação nos processos de engenharia simultânea e em estudos de viabilidade económica, o planeamento, a aquisição e aprovação de máquinas e ferramentas, a coordenação/elaboração de conceitos de produção e *Layouts*, o suporte a fornecedores de equipamentos relacionados com os projectos, a actuação em tarefas ligadas ao BPS (Bosch Production System) e a gestão da documentação técnica.

3.3 APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

Hoje em dia é cada vez mais preponderante para uma empresa, na hora de lançamento de um novo produto, planear da melhor forma o trajecto que o produto tem de seguir desde a fase da ideia, concepção e desenvolvimento até à sua colocação no mercado para que, assim, ganhe vantagem competitiva. A este espaço temporal é chamado *Time-to-Market* (TTM).

Reduzir o *Time-to-Market*, significa reduzir tempo e custos de chegada ou reposição do produto, como forma de manter vantagem competitiva perante os concorrentes. A redução do *Time-to-Market* significa maior eficiência no desenvolvimento e oferta de produtos, analisando sempre as melhores ferramentas e metodologias. O TTM engloba várias fases, desde a concepção e preparação do novo produto (especificações do mercado e do produto), desenvolvimento (testes funcionais, estéticos e de qualidade), especificação do processo produtivo a utilizar (aquisição, aprovação e implementação da nova linha de produção), produção da *serie 0* e *ramp-up* até à produção final e estabilizada.

Este projecto envolve a implementação e lançamento de uma nova linha de produção para uma nova geração de Colectores Solares denominados SKW. O departamento, TEF3 (Desenvolvimento do Processo) é responsável pelo planeamento, aquisição, aprovação e implementação dessa nova linha de produção (equipamentos e ferramentas) na fábrica.

É também responsável pela coordenação/elaboração de conceito de produção e *layouts*.

O departamento segue de perto a evolução e o desenvolvimento dos equipamentos/máquinas nos fornecedores, acompanhando dia a dia o seu trabalho, fazendo diversos tipos de testes ao equipamento, especificamente testes de capacidade dos equipamentos, fazendo os ajustes e alterações devidas para assegurar um bom funcionamento das máquinas aquando do lançamento da linha. Simultaneamente prepara toda a documentação técnica necessária para a nova linha.

Posteriormente implementa esses equipamentos na fábrica, “montando” a nova linha produtiva do novo colector solar, onde se fazem novos testes de capacidade e seguidamente procede-se à realização da *Série 0* e ao início do *ramp-up*.

O *ramp-up* é a fase do arranque da produção do novo produto. No *ramp-up* há uma fase inicial onde a produção vai ser em quantidades reduzidas e onde irão ocorrer inúmeros problemas do mais variado tipo, e à medida que vai evoluindo o “bem-estar” da linha, e os problemas forem diminuindo, dá-se um aumento gradual no ritmo produtivo, até chegar ao nível produtivo normal.

Este documento tem como objectivo analisar todo o processo de implementação e lançamento de uma nova linha de produção, desde a fase de aquisição dos equipamentos, sua implementação e instalação na fábrica, até ao *ramp-up*, período em que a linha começa a funcionar e de forma gradual atinge o máximo desempenho.

4. CASO DE ESTUDO – IMPLEMENTAÇÃO E LANÇAMENTO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO

4. CASO DE ESTUDO – IMPLEMENTAÇÃO E LANÇAMENTO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO

O caso de estudo focaliza-se em três fases distintas que ocorrem durante o processo de implementação e arranque de uma linha de produção. As primeiras duas centram-se em toda a preparação necessária para o bom arranque da linha, quer durante a concepção dos equipamentos no fornecedor, quer na fábrica, preparando o local devidamente para receber a nova linha de produção. A terceira centra-se na análise do *ramp-up*, desde o início conturbado de produção até à sua estabilização.

4.1 FASE PRÉ RAMP-UP NOS FORNECEDORES

Esta fase é primordial para o sucesso da montagem da nova linha de produção e, conseqüente lançamento da mesma, com o início da produção/montagem do produto em causa.

A empresa deve planear a fase que precede o *ramp-up* de uma forma organizada e sequencial para que as falhas a posteriori sejam minimizadas. Não deve haver receio de investir fortemente nesta fase, fazendo com que a curva de despesas seja mais acentuada do que na fase do *ramp-up*, onde normalmente os problemas, quando acontecem, são de resolução mais morosa e complicada, acarretando maiores custos e perdas de tempo (paragens na linha, sucata e equipamentos com problemas).

Na aquisição dos equipamentos e conseqüente implementação e arranque da linha dever-se-á seguir um conjunto de passos importantes para que se obtenha o sucesso esperado.

4.1.1 SELECÇÃO DE FORNECEDORES

A BOSCH Termotecnologia SA já é detentora de um grande portfólio a nível de fornecedores, tanto de equipamentos como de matérias-primas, onde tenta estabelecer uma relação sólida e bem sucedida, criando assim níveis de exigência que permitam a obtenção de desempenhos por parte dos fornecedores que correspondam às elevadas expectativas da

empresa. São realizadas avaliações individuais a cada fornecedor utilizando vários parâmetros, tanto qualitativos como quantitativos.

A selecção de fornecedores depende de uma variedade de factores, tendo estes pesos diferentes dependendo da estratégia de negócio a adoptar e das necessidades reais da empresa.

- **Preço** – Não se deve olhar unicamente para os preços praticados por um fornecedor. Há valores que estão implicados que não são quantificáveis no imediato, sendo de grande importância para a empresa.
- **Qualidade** – A qualidade dos fornecedores tem de ser consistente com as expectativas da empresa, os equipamentos têm de estar de acordo com as especificações e conforme as normas aprovadas pela empresa, também devem assegurar a qualidade na implementação dos equipamentos na fábrica.
- **Capacidade Logística** – Os fornecedores têm de ser capazes de cumprir prazos e ter flexibilidade para proceder a alterações nos pedidos do cliente.
- **Interacção dos Fornecedores com os Clientes**– Este factor é de extrema importância, principalmente em negócios que envolvam acompanhamento por parte dos fornecedores, do seu produto, no cliente. Uma parceria forte, a nível comunicativo e de confiança, beneficia tanto o cliente como o fornecedor.
- **Inovação** – É muito importante que os fornecedores estejam actualizados, com um grau de inovação na sua área que permita criação de valor para assegurar a competitividade.
- **Sustentabilidade Financeira** – É do interesse do cliente saber se o fornecedor tem sustentabilidade financeira para assegurar as suas necessidades.
- **Fiabilidade** – O cliente espera que os equipamentos tenham a fiabilidade desejada.

Neste caso de estudo, o produto que o cliente pretende encomendar é uma nova linha de produção, consistindo esta em vários equipamentos/máquinas que dispostos numa determinada sequência e utilizando vários processos dão origem ao produto final que a BOSCH pretende desenvolver.

Normalmente, nestes casos, após se ter uma clara noção do que se pretende e ter identificado potenciais fornecedores, realiza-se uma pré-consulta junto desses mesmos potenciais fornecedores, onde o cliente, neste caso a Bosch, faz uma exposição do pretendido com a finalidade de obter um *feedback* por parte do fornecedor relativamente a novos processos industriais, novas tecnologias, ideias inovadoras passíveis de serem adoptadas nos novos equipamentos e na nova linha produtiva.

Tendo em conta que a linha de montagem consiste em vários equipamentos independentes, é muito complicado que o fornecedor seja o mesmo para a totalidade da linha, o que poderá ter algumas desvantagens. O objectivo deverá ser tentar ter o menor número de fornecedores possível para que a interacção e compatibilidade, relativamente à linha de produção, entre o cliente e o fornecedor seja a melhor. No entanto por vezes isto não é possível, devido a alguns factores, como os custos associados, disponibilidade ou mesmo incapacidade de concretizar o pedido do cliente por parte do fornecedor. O objectivo é tentar fazer com que grande parte dos equipamentos provenham do mesmo fornecedor, neste caso a BOSCH Termotecnologia SA, conseguiu fazer com que grande parte da linha viesse do mesmo fornecedor, cerca de 90% da linha de produção.

Feita a selecção dos fornecedores, procede-se á realização dos cadernos de encargos para cada um dos equipamentos ou processos produtivos desejados. O caderno de encargos é um documento que especifica de maneira precisa e simplificada o que se pretende, ou seja, as necessidades do cliente. Este deve conter as especificações necessárias e detalhadas do produto final, seus componentes e o método de fabrico e respectivos processos a utilizar relativo à montagem dos componentes. Na aquisição de linhas de produção completas e equipamentos de grandes dimensões é importante ter em conta o espaçodisponível no armazém/fábrica, ou seja, tem de haver uma definição das dimensões mínimas e máximas relativas a cada um dos equipamentos (largura, comprimento, altura), assim como da linha sua totalidade para que no momento da implementação da linha na fábrica não surjam problemas de espaço disponível e incompatibilidades entre equipamentos. O

fornecedor terá de projectar os equipamentos de acordo com as diversas restrições de *layout*. No caderno de encargos devem também estar explícitas as datas e prazos a cumprir por parte do fornecedor, assim como diversas cláusulas jurídicas e sanções em caso de incumprimento de prazos.

Para proceder à aprovação total do projecto em causa a BOSCH Termotecnologia SA segue um documento denominado “Modelo 1010”, documento este que está subdividido em 4 fases de aprovação do projecto e onde é necessária a aprovação em cada uma das fases pelos diversos departamentos envolvidos para que o projecto possa prosseguir.

A primeira fase compreende uma aprovação interna, antes do envio do caderno de encargos ao fornecedor. A segunda fase dá-se aquando da apresentação do projecto por parte do fornecedor. A terceira fase consiste na aprovação dos equipamentos no fornecedor, através de vistorias e testes aos equipamentos. A última fase corresponde à aprovação final, já no cliente.

Todas estas fases têm de obter total aprovação de cada um dos departamentos envolvidos, departamentos técnicos, de qualidade, de higiene e segurança, de manutenção, de produção, etc.

4.1.2 RELAÇÃO COM FORNECEDORES E ACOMPANHAMENTO DO PROJECTO

É essencial manter uma boa relação entre o cliente e o fornecedor durante todo o tempo em que o fornecedor está a trabalhar para o cliente, que neste caso corresponde a vários meses de trabalho, 7 a 10 meses, já que é um projecto muito complexo que compreende vários equipamentos/máquinas para a montagem de uma linha de produção. Tanto o cliente como o fornecedor têm de ter por base uma relação de confiança, honestidade e seriedade para com o outro. A comunicação é fundamental para o sucesso do projecto, há que fazer um elo de ligação seguro e firme entre o cliente e o fornecedor.

Neste tipo de projectos morosos e de alguma complexidade, é essencial um grande acompanhamento por parte do cliente nas instalações do fornecedor, acompanhando assim todo o processo de desenvolvimento e evolução dos equipamentos. Durante toda a fase de desenvolvimento dos equipamentos, é normal que continuamente surjam diversos

problemas e entraves, onde alterações e ajustes ao projecto têm de ser feitos obrigatoriamente e com celeridade, e as possíveis soluções têm de ser debatidas entre o cliente e o fornecedor para que se chegue a um consenso com rapidez. Por esta razão quem deve acompanhar mais de perto o projecto deve ser o departamento técnico, já que está mais capaz de solucionar os problemas que vão surgindo. Para que estas visitas regulares às instalações dos fornecedores se possam dar mais facilmente é uma grande vantagem que o fornecedor esteja próximo geograficamente do cliente.

4.1.3 TESTES DE CAPABILIDADE DO PROCESSO NO FORNECEDOR

Hoje em dia, é muito importante ter o controlo do processo produtivo de modo a que, cada vez mais, se previnam falhas no produto. Para isto, recorre-se à utilização de algumas técnicas de Controlo Estatístico do Processo.

A análise da capacidade do processo produtivo é um procedimento para avaliar a capacidade de um processo de atender às especificações de uma determinada característica da qualidade do produto. O objectivo do controlo estatístico do processo é controlar e melhorar o processo produtivo através da identificação das diversas fontes de variabilidade do processo. Esta variabilidade no processo pode ser causada por Causas Comuns, inerentes ao próprio processo produtivo, ou por Causas Especiais, derivadas da actuação de variáveis específicas e controláveis sobre o processo.

Neste caso de estudo, a BOSCH Termotecnologia SA, pretende que sejam feitos testes de capacidade a cada um dos seus equipamentos nas instalações do fornecedor, para que através da obtenção de valores se chegue a resultados sobre a variabilidade e repetibilidade dos equipamentos, procedendo posteriormente a uma análise dos resultados obtidos, verificando se o equipamento está capaz ou não, ou seja, se os valores estão ou não dentro dos limites de especificação, limites estes propostos pelo departamento de desenvolvimento do produto. Com este tipo de testes, pode-se identificar processos problemáticos e proceder-se às respectivas correcções atempadamente. Por isso é de extrema importância que este tipo de testes seja feito ainda no fornecedor, já que devido à complexidade e tamanho dos equipamentos, seria impensável estes andarem em constantes deslocações entre o cliente e o fornecedor para se realizarem alterações e correcções.

As quantidades testadas podem variar conforme a complexidade do processo em causa, mas normalmente procede-se ao levantamento de 50 valores em cada um dos processos testados. Poderão haver testes quantitativos ou testes qualitativos, nestes normalmente há duas hipóteses a considerar, como por exemplo se uma peça encaixa na outra bem ou mal.

A realização destes testes requer que cada equipamento execute o processo para que foi desenvolvido directamente no produto ou nas diferentes partes do produto dando origem a um resultado final. Este Resultado final é o que vai ser testado, ou seja, medido inúmeras vezes em diversos sítios específicos. Para que estas medições sejam feitas com toda a precisão e exactidão é necessário que os meios de medição sejam adequados e os respectivos padrões de medição esteja devidamente calibrados e aprovados pelo departamento de qualidade.

Com o resultado positivo dos testes de capacidade a todos os equipamentos, já confirmado e aprovado o processo de repetibilidade das máquinas e equipamentos poderá então iniciar-se o processo de transporte e implementação dos equipamentos no cliente, ou seja, na fábrica. O cliente nunca deverá iniciar esta transição não tendo a perfeita e clara noção de que toda a sua encomenda está em pleno e perfeito funcionamento, se achar que ainda poderá haver alguma aresta a limar deverá pressionar o fornecedor para que faça a respectiva correcção ou ajuste nas suas instalações e só depois deverá iniciar o processo de transporte dos equipamentos e implementação da linha na fábrica. Os custos de alterações e correcções nos equipamentos nas instalações do cliente irão ser mais elevados do que se essas alterações e correcções tivessem sido feitas nas instalações do fornecedor, onde tem todos os recursos materiais e humanos disponíveis. Mudanças na estrutura dos equipamentos feitas no cliente também vão corresponder a tempo perdido e possíveis paragens na linha de produção. Sendo assim o cliente tem de ser exigente para com o fornecedor para que tudo corra como esperado e sem problemas no momento da implementação da linha na fábrica.

Os Índices de Capacidade avaliados foram o C_m e C_{mk} que são utilizados para avaliar um equipamento ou máquina. Para determinação dos parâmetros C_m e C_{mk} devem ser analisadas apenas as variações das máquinas. A máquina deverá estar ajustada conforme as especificações pretendidas.

O índice C_m é definido como sendo a razão entre a tolerância de engenharia e a dispersão do processo:

$$C_m = \frac{LSE - LIE}{6.\sigma}$$

Onde:

- **LIE** - limite inferior de especificação
- **LSE** - limite superior de especificação
- **σ** - Desvio-padrão do processo

O índice C_m compara a variabilidade total permitida ao produto (ou tolerância de especificação) com a variação do processo. Para que o processo seja considerado capaz, o índice C_m deve ser igual ou maior do que 1.67 (valor estipulado pelas normas BOSCH), o que quer dizer que pelo menos 99,9% estarão dentro de especificação, admitindo-se uma distribuição normal válida e a média do processo centralizada na especificação.

Este índice admite que a média da máquina pode ser facilmente ajustada e, portanto, somente a tolerância de engenharia (que é a distância entre o limite superior e o inferior da especificação) é comparada com a dispersão total. O índice C_{mk} é definido como:

$$C_{mk} = \text{mínimo} \{ C_{mi}, C_{ms} \}$$

Onde:

C_{mi} é calculado pela seguinte fórmula:

$$C_{mi} = \frac{\mu - LIE}{3.\sigma}$$

C_{ms} é calculado pela seguinte fórmula:

$$C_{ms} = \frac{LSE - \mu}{3.\sigma}$$

Se Cmi for menor que Cms, então Cmk será igual a Cmi. Caso contrário, Cmk será igual a Cms.

No índice Cmk, para além de se avaliar a variabilidade total permitida às peças com as tolerâncias propostas, verifica-se a posição do processo em relação aos limites (superior e inferior) de especificação. Assim, o valor de Cmk deve ser igual ou superior a 1,67 (valor estipulado pelas normas BOSCH) para o processo ser considerado capaz.

4.2 FASE PRÉ RAMP-UP NA FÁBRICA

4.2.1 DEFINIÇÃO DO LAYOUT DA LINHA

Antes de dar início ao projecto em si e às várias conversações e negociações com os fornecedores, o cliente tem de saber exactamente o que pretende. Um dos aspectos principais a ter em conta é definir o *layout*. Devido à complexidade e tamanho de uma nova linha para produção de um novo produto há inúmeros factores a ter em conta na definição de um *layout*.

“*Layout* é o posicionamento no espaço de equipamentos ou postos de trabalho, de modo a minimizar um custo, satisfazendo um conjunto de restrições” (Carravilla, 1998).

Quando se procede à construção de um *layout* para uma nova linha de produção, tem de se ter em conta o tipo de produto a produzir, o tipo de processo que irá ser utilizado na produção e o volume de produção. Numa nova linha produtiva quer-se que haja eliminação de transportes e movimentações desnecessárias, redução da distância de transporte de componentes, redução do ciclo de produção, racionalização dos movimentos, redução do *stock* de *work-in-process* (WIP), aumento da eficiência da produção e aceleração da implementação da produção *just-in-time* (JIT). Tendo estes factores em conta os engenheiros da BOSCH Termotecnologia SA optaram por construir um *layout* em “U”, com trabalhadores multifuncionais.

O *layout* tipo “U” é um tipo especial de produção por células, usado tipicamente em ambientes de produção JIT. No *layout* tipo “U”, as máquinas e estações de trabalho são orientados em forma de U, na ordem aproximada em que as operações de produção são

realizadas, seguindo assim uma lógica defluxo linear. Os operadores trabalham dentro do U e um mesmo operador pode supervisionar a entrada e saída da linha. O espaço central do U torna-se uma área de troca de informações e aprendizagem entre os operadores. O fluxo de produção e a movimentação dos operadores pode ser no sentido horário ou anti-horário. A cada produto que sai da linha de produção um novo componente ou matéria-prima entra na linha. Há um *stock* constante de WIP entre postos de trabalho e máquinas, o que permite a visualização de desordens nos balanceamentos de produção. Este tipo de *layout* explora a geometria da linha, visando minimizar distâncias e, conseqüentemente, o tempo de transporte de materiais e movimentação de operadores (Miltenburg, 1998). No *layout* tipo “U”, um operador controla várias máquinas ou processos diferentes, trabalhando em diferentes estações, visitando-as apenas uma vez em cada ciclo de produção (e indo para o posto seguinte quando acaba a tarefa da estação onde ele se encontra).

As linhas de produção tipo “U” são usadas para promover uma melhor comunicação entre os operadores, permitir que os operadores desempenhem diferentes operações, facilitar o balanceamento de produção usando auxílio visual e facilitar a aproximação da equipa de operadores, o que facilita a resolução de problemas. O *layout* tipo “U” pode ser mais facilmente adaptado a mudanças, com redução do número de operadores alocados aos postos de trabalho e do tempo de ciclo, se comparado ao *layout* em linha (Nakade & Ohno, 1999). O número de estações é menor do que nas linhas tradicionais devido ao facto de permitir um maior agrupamento de tarefas. Conseqüentemente, tem-se menores *stocks*, simplificação no manuseamento de material, facilidade de planeamento e controlo da produção, e melhor controlo da qualidade, entre outros benefícios (Miltenburge & Wijngaard, 1994).

Depois da empresa se decidir quanto ao tipo de *layout* a utilizar ainda tem de ter em conta alguns factores de extrema importância para que chegue a um *layout* final e sua respectiva aprovação. Esses factores têm a ver com o espaço que se tem disponível na fábrica para a implementação da nova linha e de todos os equipamentos que a compõem.

Esta definição final do *layout* tem de ser já feita após o fornecedor ter recebido o caderno de encargos correspondente à encomenda da BOSCH, e já ter apresentado o projecto que pretende desenvolver para o cliente. No caderno de encargos vão especificadas as dimensões máximas que cada equipamento poderá apresentar assim como o tamanho total

estimado da linha de produção, ou seja, do espaço disponível para a implementação na fábrica, já tendo em conta espaço que é disponibilizado para posicionamento de bordos de linha, movimentação de operadores e movimentação de material. As restrições dos equipamentos quanto à altura são muito importantes, para a sua colocação na fábrica para não prejudicar qualquer tipo de estrutura fixa já existente (tecto, telhado da fábrica), nem qualquer outra estrutura necessária na implementação da linha (suporte, alimentação). Também o modo como os diversos equipamentos irão entrar na fábrica, através de portões ou aberturas com dimensões não muito grandes tem de ser bem pensada.

Ao projectar os equipamentos o fornecedor tem de desenvolvê-los, para que estes cumpram uma série de requisitos para que na hora da implementação destes na fábrica não haja espaço para qualquer tipo de erro.

Após o projecto ser apresentado à BOSCH Termotecnologia SA, e ser aprovado, os seus engenheiros já estão em condições de fazer as devidas reestruturações no *layout*, aproximando-o o mais possível da sua versão final (Figura 10), podendo haver ainda margem para correcções e alterações de última hora. Para facilitar a visualização do *layout* na fábrica ainda antes de a linha ser implementada, deverão fazer-se marcações provisórias do posicionamento dos equipamentos no chão da fábrica com respectiva identificação assim como também de pontos de picagens eléctricas e pneumáticas. Esta actividade torna-se útil pois por vezes as plantas dos armazéns/fábricas estão desactualizadas, o que poderá resultar num conflito entre os *layouts* propostos e o que realmente acontece na prática na fábrica.

Na Figura 10 está representado um desenho do *layout* da nova linha de montagem.

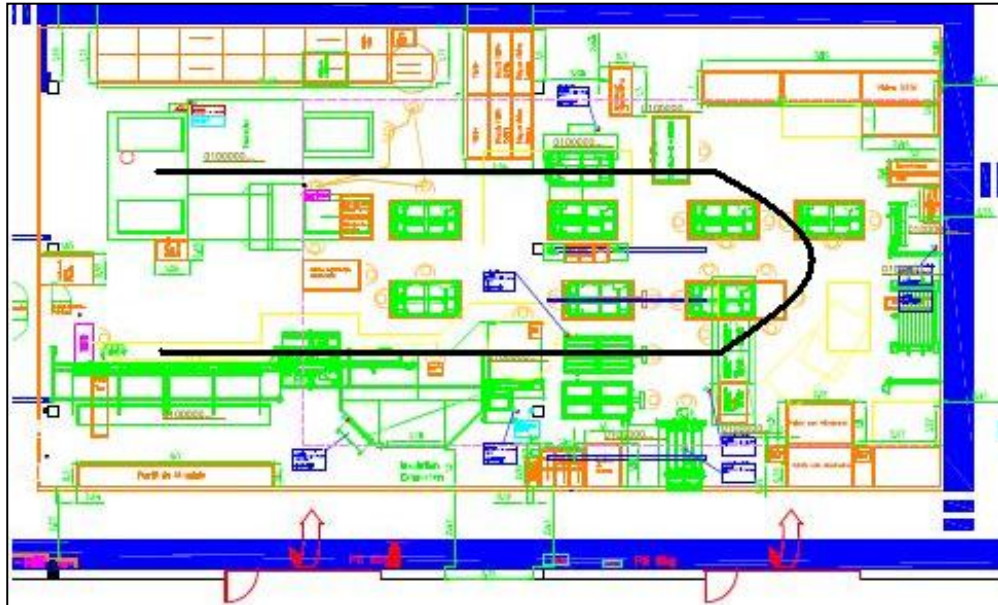


Figura 10 - Layout em "U" da nova linha de produção (Adaptado de Bosch (2010a)).

4.2.2 INFRA-ESTRUTURAS

Antes de proceder a qualquer tipo de implementação ou instalação é muito importante que o espaço esteja limpo e organizado, para facilitar todo o processo consequente.

Para um bom funcionamento das estruturas principais, ou seja, dos equipamentos de produção, é indispensável um bom planeamento das respectivas infra-estruturas de apoio.

Ao analisar-se o projecto, verifica-se, no *layout* final, onde ficam situadas as várias saídas eléctricas, pneumáticas e hidráulicas, identificando esses pontos no *layout* provisório marcado no chão da fábrica, ficando-se assim com a noção clara onde se devem fazer as picagens no local onde irá decorrer a instalação dos equipamentos. Após a identificação exacta destes pontos, empresas especializadas em montagem de infra-estruturas irão começar os trabalhos de instalação de estruturas de suporte, de alimentação (eléctrica, pneumática ou hidráulica) e de aspiração. Normalmente este tipo de infra-estruturas, em grandes fábricas, ficam suspensas por suportes de apoio formando grandes redes eléctricas, pneumáticas ou hidráulicas na fábrica. Esta montagem deve ser feita por uma ordem

sequencial, facilitando assim a sua instalação e não comprometendo outras infra-estruturas independentes. O ideal era que todas as infra-estruturas necessárias ao bom funcionamento da linha estivessem completamente instaladas e prontas a funcionar antes da chegada dos equipamentos e máquinas de produção à fábrica. Por vezes, é necessário aguardar as instalações dos equipamentos para proceder à montagem de algumas infra-estruturas especiais, o que acontece, por exemplo, ao nível de conexões rígidas que ligam equipamentos a estruturas adjacentes. Nestes casos, é essencial um bom alinhamento cronológico entre fornecedor de equipamentos/máquinas e a empresa responsável pela montagem das infra-estruturas.

Um bom planeamento ao nível da montagem e instalação de infra-estruturas é fundamental para o sucesso da implementação da linha de produção.

4.2.3 INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Assim que todos equipamentos tenham sido totalmente testados e aprovados no fornecedor, estarão em condições de ser transportados e implementados na fábrica da BOSCH Termotecnologia SA.

Nesta altura, a BOSCH, estará também em plenas condições de receber a sua nova linha. O espaço na fábrica para a linha deverá estar completamente limpo e organizado, devendo apenas conter o essencial para a instalação dos novos equipamentos, esperando-se que toda a parte de infra-estruturas esteja devidamente montada e instalada. O transporte dos equipamentos deve ficar a cargo do fornecedor, que normalmente já tem experiência e *know-how* de como o fazer nas melhores condições e com a devida celeridade, cumprindo os prazos propostos. Neste tipo de serviço, transporte e implementação de equipamentos complexos e sensíveis, é necessário ter em conta as condições climatéricas, porque os equipamentos muito provavelmente irão estar expostos aquando da transição fornecedor/transporte e transporte/fábrica. Tanto a BOSCH como o fornecedor devem ter disponíveis e preparados os meios necessários. Deverá estabelecer-se um planeamento prévio da forma sequencial e organizada com que os equipamentos devem entrar na fábrica e ser posicionados no seu devido lugar. Devem ser analisados todos os possíveis locais de entrada de equipamentos para a fábrica, fazendo com que haja maior margem de manobra

na movimentação e posicionamento de tais equipamentos. Se os locais de entrada forem escassos deve-se movimentar e posicionar os equipamentos na ordem dos mais distantes para os mais próximos desses locais de entrada, facilitando assim as movimentações e o acesso de determinados equipamentos à sua posição final, diminuindo o risco de possíveis danos no material. Por vezes um equipamento, por ser de grandes dimensões, poderá requerer uma divisão em módulos para poder passar nos locais de entrada e ser montado já dentro da fábrica.

À medida que os equipamentos forem posicionados, deverão ser devidamente alinhados e fixados ao chão para que fiquem no local exacto. Em alguns casos, determinados equipamentos dependem de outros pelo que só poderão ser alinhados e fixados quando todos estiverem nas suas posições. Por fim deverão ser feitas as devidas ligações e conexões entre os equipamentos e as infra-estruturas correspondentes.

Após a completa instalação dos equipamentos, procede-se á colocação dos bordos de linha necessários e suportes de apoio á produção e manutenção (meios de medição ou ferramentas de apoio à produção e TPM).

4.2.4 TESTES DE CAPABILIDADE DO PROCESSO NAS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA

Estes testes de capacidade são exactamente iguais aos realizados anteriormente no fornecedor (ver ponto 4.1.3), com a diferença de que estes são realizados em plenas instalações do cliente, neste caso na Fábrica da BOSCH Termotecnologia SA, com todos os equipamentos já posicionados e alinhados formando a nova linha de produção tão esperada pela BOSCH.

Antes de se poder começar com a realização dos testes de capacidade, os equipamentos têm de estar perfeitamente alinhados e calibrados até ao mais ínfimo pormenor. Para isso, os engenheiros e operadores da empresa que forneceu os equipamentos trabalham intensivamente, durante vários dias, nas instalações do cliente, fazendo inúmeros testes às máquinas e aos processos envolvidos (de alinhamento, calibração ou produtivos), até que atinjam os resultados esperados, sempre supervisionados e apoiados por engenheiros

técnicos da BOSCH. Apenas quando as condições ideais forem alcançadas se poderá começar a fazer os testes de capacidade aos equipamentos e ao processo para se poder proceder à aprovação final do projecto. Assim que se verifique que os equipamentos e o processo estão capazes, pode-se então começar a produzir na nova linha com a fiabilidade pretendida. Todas as características e parâmetros deste teste nas instalações do cliente são idênticos aos testes realizados no fornecedor (ver ponto 4.1.3).

4.2.5 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DOS EQUIPAMENTOS

É norma BOSCH que todos os equipamentos instalados na fábrica sejam acompanhados por uma documentação técnica. Documentação essa que tem de ser elaborada antes dos equipamentos chegarem à fábrica para que no momento da implementação da nova linha ela possa ser colocada juntamente com o respectivo equipamento. A documentação tem como objectivo apoiar quem trabalha mais directamente com os equipamentos e normalmente é destinada ao operador, logo deve ser de fácil compreensão e intuitiva.

Normalmente essa documentação é preparada pelos departamentos associados ao tipo de documentação (qualidade, técnico, manutenção). Os responsáveis pela sua elaboração sustentam-se basicamente nos manuais técnicos de cada equipamento fornecidos pelo fornecedor, ajustando depois às suas necessidades, técnicas e normas. A documentação de cada equipamento deve estar colocada num suporte posicionado num local bem visível e de fácil acesso ao operador.

Tipos de Documentação Técnica:

- Instrução Operacional - Este documento tem como objectivo mostrar ao operador como se liga e desliga o equipamento, desde o quadro eléctrico, válvulas pneumáticas, até ao equipamento estar em condições de produzir.
- Instrução de Trabalho – Documento demonstrativo de todos os passos necessários ao operador para realizar uma tarefa num determinado posto de trabalho.

- Instrução do Plano de Qualidade – Documento referente à análise da qualidade do produto, onde estão definidas as especificações e tolerâncias das peças. Periodicamente é necessário realizar um controlo de qualidade para verificar se não há desvios face ao esperado
- TPM (*Total ProductiveMaintenance*) – Este documento demonstra todos os passos a realizar para proceder a trabalhos de manutenção preventiva num equipamento, assim como a periodicidade dos mesmos.
- Parâmetros da Máquina – Documento onde estão definidos os parâmetros de um determinado equipamento referentes a diferentes planos de produção.

4.2.6 FORMAÇÃO DE OPERADORES

Pretende-se, que após a implementação total da linha, se tenham condições imediatas para iniciar a produção, reduzindo assim as paragens e consequente tempo e dinheiro perdido. A BOSCH Termotecnologia SA, investe na formação de operadores quando os equipamentos ainda estão no fornecedor. Este procedimento é feito enviando 3 ou 4 operadores mais qualificados às instalações do fornecedor, normalmente durante o período em que se realizam os testes de capacidade, onde com o apoio do fornecedor e dos engenheiros da BOSCH adquirem um conhecimento profundo de todo o processo e dos equipamentos. Ainda antes da implementação dos equipamentos na fábrica realizam-se formações teóricas com todos operadores, onde engenheiros técnicos passam o seu *know-how* aos operadores. Quando a linha é implementada, ainda na fase de testes e afinações, os operadores mais qualificados com ajuda de técnicos dão formação prática aos menos qualificados. Os documentos técnicos de cada equipamento apoiam os operadores.

4.3 FASE DO RAMP-UP

Após a fase que precede o ramp-up ter sido bem sucedida e todos os equipamentos estarem operacionais, funcionando em conjunto e sequencialmente, e formando uma nova linha de produção, poderá iniciar-se então a produção/montagem do novo produto. Como já foi referido, esta produção inicial nunca irá ser a produção ótima, já que apesar de todos os

testes, calibrações e ajustes realizados aos equipamentos, irão sempre surgir novos problemas de diversos tipos que vão ter de ser solucionados rapidamente. O *ramp-up* inicia-se com uma capacidade de produção baixa com tendência a ir aumentando à medida que os problemas e falhas no processo forem minimizados.

Esta fase poderá demorar meses a ser ultrapassada e dá-se como finalizada quando a linha for capaz de utilizar a capacidade óptima sem qualquer tipo de problemas, passando a responsabilidade da linha do departamento técnico para o departamento responsável pela produção.

4.3.1 INÍCIO / EVOLUÇÃO DO RAMP-UP

A BOSCH Termotecnologia SA sabe que um *ramp-up* rápido e eficiente irá ser uma vantagem competitiva em relação à concorrência portanto, antes de entrar nesta fase decisiva, planeia todo o processo do *ramp-up* e analisa o que poderá acontecer durante o mesmo, para que durante essa fase, os seus engenheiros e operadores estejam preparados e prontos a actuar assim que for necessário.

Assim que todos os equipamentos estiverem operacionais e todos os testes de capacidade aos equipamentos e ao processo forem ultrapassados com sucesso, a nova linha de produção está pronta a entrar em funcionamento e a produzir o produto final com a qualidade exigida. O início desta fase dá-se com a produção da chamada *Série 0*, onde se produzem 10 colectores solares seguidos que são posteriormente enviados para a fábrica-mãe, na Alemanha, para que sejam devidamente analisados. Começa, assim, a produção do novo Colector Solar, a um ritmo lento, cerca de 10 colectores por dia (apenas um turno/dia). Esta fase é a mais lenta do *ramp-up*, podendo demorar 1 a 2 meses até que se possa aumentar o ritmo produtivo, já que inúmeros problemas e situações inesperadas vão surgir com frequência. É talvez a fase mais crítica do *ramp-up*, porque é ainda uma fase em que os operadores não estão devidamente adaptados ao funcionamento da linha, como um todo, e às funções que cada um tem de desempenhar. É durante esta fase também que os operadores com mais experiência e com mais formação acompanham os menos experientes formando-os e enquadrando-os nos novos processos da nova linha. Assim, quando for

necessário aumentar o ritmo produtivo, sendo necessários mais operadores, a mão-de-obra qualificada irá estar disponível atempadamente.

Analisando a primeira fase do *ramp-up* e verificando que os problemas e situações não previstas foram bastante minimizados, e que a produção planeada estava a ser atingida com facilidade, pôde-se proceder a um aumento na capacidade produtiva. Para além da redução drástica nas falhas que a linha tinha, este aumento realizou-se devido ao facto de os operadores estarem já perfeitamente adaptados à linha e desempenharem as tarefas propostas com padrões de qualidade muito satisfatórios. A linha dobrou assim, passado um mês e meio, a sua capacidade para 20 colectores/dia sem que fossem necessários operadores adicionais. No início desta fase foi complicado atingir a produção prevista, porque apesar dos problemas maiores terem sido eliminados surgiam, diversas vezes, problemas de menor importância mas que eram suficientes para, por vezes, causar paragens na linha fazendo com que a produção parasse até esses mesmos problemas estarem completamente resolvidos.

Quando a produção prevista foi consecutivamente atingida e mesmo ultrapassada resolveu-se aumentar de novo a produção diária para 40 colectores, sendo que desta vez aumentou-se também o número de operadores envolvidos. Esta terceira fase, em que se quadruplicou a produção inicial, aconteceu sensivelmente 2 meses após o início do *ramp-up*. Os operadores adaptaram-se rapidamente a uma mudança ligeira nos postos de trabalho. Durante cerca de um mês a produção prevista foi alcançada, sendo bruscamente interrompida por um problema grave num equipamento que causou por diversas vezes defeito no produto. Houve uma paragem total de alguns dias na produção, tendo-se chamado o fornecedor, analisado o problema, e testando várias soluções para resolvê-lo. Nas duas semanas seguintes a produção não foi a prevista, já que o equipamento continuava a produzir algumas vezes com defeito, e a sua reparação foi feita enquanto se produzia, sendo que os produtos defeituosos eram sucata (ver ponto 4.3.3).

Quando o problema do equipamento foi resolvido totalmente a produção prevista de 40 unidades foi atingida com a regularidade e a qualidade desejada e decidiu-se realizar um novo aumento na produção, para 80 unidades/dia, que era a quantidade que já conseguia satisfazer a procura do mercado. Para se dar este aumento foi necessário aumentar o número de operadores adaptando-os aos postos de trabalho correspondentes. Esta quarta

fase foi realizada com grande êxito, não tendo sido difícil atingir a produção diária planeada com os padrões de qualidade desejados, sendo que os problemas que surgiam, eram escassos, de menor importância e eram rapidamente solucionados, muitas vezes pelos operadores, no momento e com facilidade.

Na Figura 11 pode-se ter uma ideia da evolução do *ramp-up*, e número de unidades produzidas, na nova linha de montagem, de Janeiro a Junho. Pode-se visualizar que o aumento nas quantidades produzidas foi-se dando de uma forma gradual e sustentada durante os meses em que se deu o *ramp-up*, atingindo o objectivo proposto em Maio. Nesta altura, estabilizadas as quantidades produzidas, a linha de montagem estava em pleno funcionamento e em condições de satisfazer as necessidades da BOSCH.

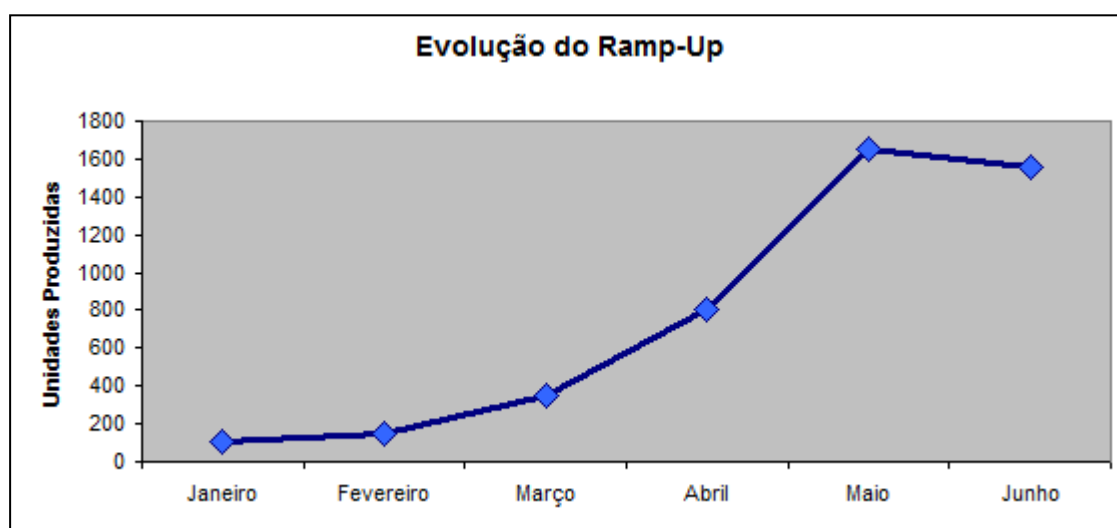


Figura 11 - Evolução da produção durante os 6 meses do *Ramp-Up*.

4.3.2 BALANCEAMENTO DA LINHA

Uma das grandes dificuldades com que as grandes empresas se deparam é a de ajustar o processo produtivo às necessidades do mercado, tendo em conta que os diversos equipamentos têm tempos distintos para a realização das tarefas e processos a que são destinados. Tudo isto faz com que os engenheiros tentem encontrar a melhor disposição dos postos de trabalho, organizando-os sequencialmente para que as perdas de tempo no

processo produtivo sejam minimizadas. Operar linhas onde os tempos dos postos sejam muito diferentes requer um grande cuidado na optimização destas. Com o objectivo de maximizar a utilização dos postos de trabalho e dos operadores envolvidos, o balanceamento de uma linha é feito conforme as necessidades da empresa e procura do mercado. Balancear é fazer com que haja um equilíbrio entre todos os postos que fazem parte duma linha, de forma a que esses mesmos postos trabalhem em sintonia com as encomendas. O objectivo, numa determinada linha de produção, é tentar alcançar o balanceamento perfeito.

Como a linha de montagem deste caso de estudo é sequencial, ou seja, apenas quando uma tarefa é acabada começa uma nova, facilita a sua compreensão e optimização. Assim, os engenheiros concentram-se apenas na optimização do processo equipamento a equipamento, tentando fazer com que cada tarefa demore o mínimo tempo a ser executada mantendo a qualidade do produto inalterada.

Foram feitos estudos de balanceamento tendo em vista à utilização de 3, 4 e 6 operadores e analisados os respectivos tempos de ciclo dos equipamentos e dos operadores, assim como o tempo de ciclo total.

O tempo de ciclo (TC) é o ritmo que deve ser dado ao processo produtivo para a obtenção de determinado produto num período de tempo.

Na fase inicial do *ramp-up*, decidiu-se utilizar apenas 3 operadores, já que a produção planeada era muito baixa, cerca de 10 colectores/dia. Foram então utilizados os operadores mais experientes, constantemente apoiados pelos engenheiros técnicos responsáveis pela linha. Esta linha de montagem, apesar de ter alguma automatização, tem vários postos de trabalho, 10, onde os operadores movimentam as peças de equipamento para equipamento para que sejam submetidas ao respectivo processo. Com um ritmo produtivo baixo, como se verifica nesta fase, estes 10 postos de trabalho podem ser facilmente operados por estes 3 operadores, usufruindo da grande vantagem que os *layouts* em “U” apresentam. Os tempos de ciclo vão ser muito elevados, já que os operadores, para além de executarem mais do que uma tarefa, ainda não são detentores de uma grande experiência nas tarefas que realizam, estando numa fase de adaptação.

Na Figura 12 está representado o balanceamento da linha para 3 operadores, diferenciando o tempo de ciclo da máquina e do operador.

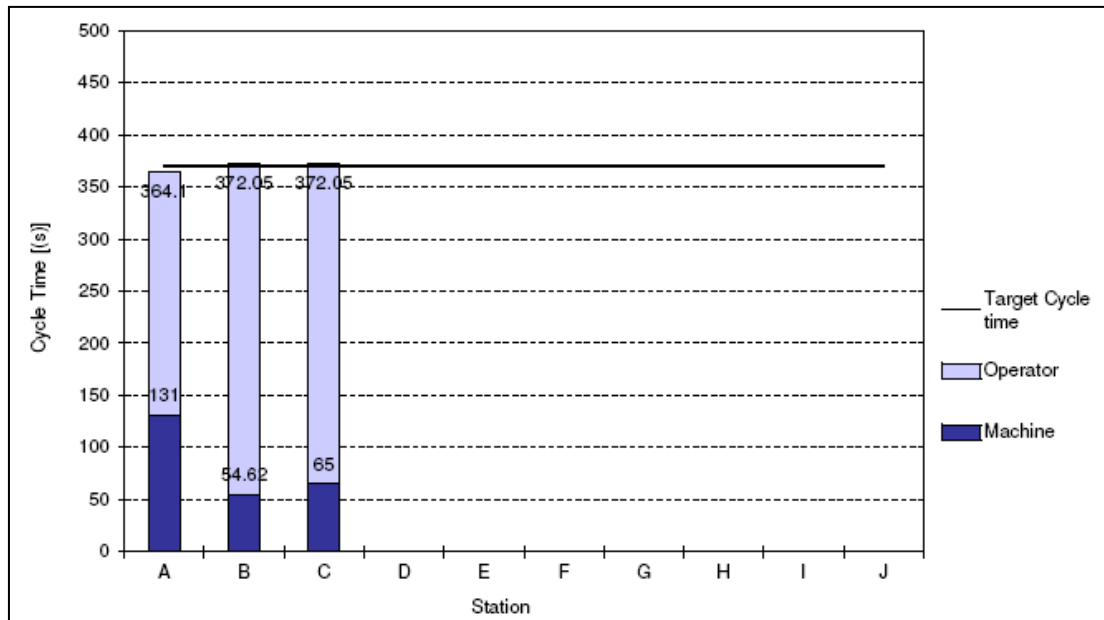


Figura 12 - Balanceamento para três operadores (Adaptado de Bosch (2010b)).

Quando se verificar uma boa adaptação ao processo e às tarefas por parte dos operadores, e os problemas da linha foram minimizados, aumentou-se a produção diária planeada para o dobro, 20 colectores. Este aumento deu-se sem qualquer incremento de operadores na linha, e assentou sobretudo na aprendizagem e capacidade de adaptação dos operadores envolvidos até ao momento, e na redução dos problemas e consequentes paragens na linha.

Na Figura 13 está representado o balanceamento da linha para 4 operadores, diferenciando o tempo de ciclo da máquina e do operador.

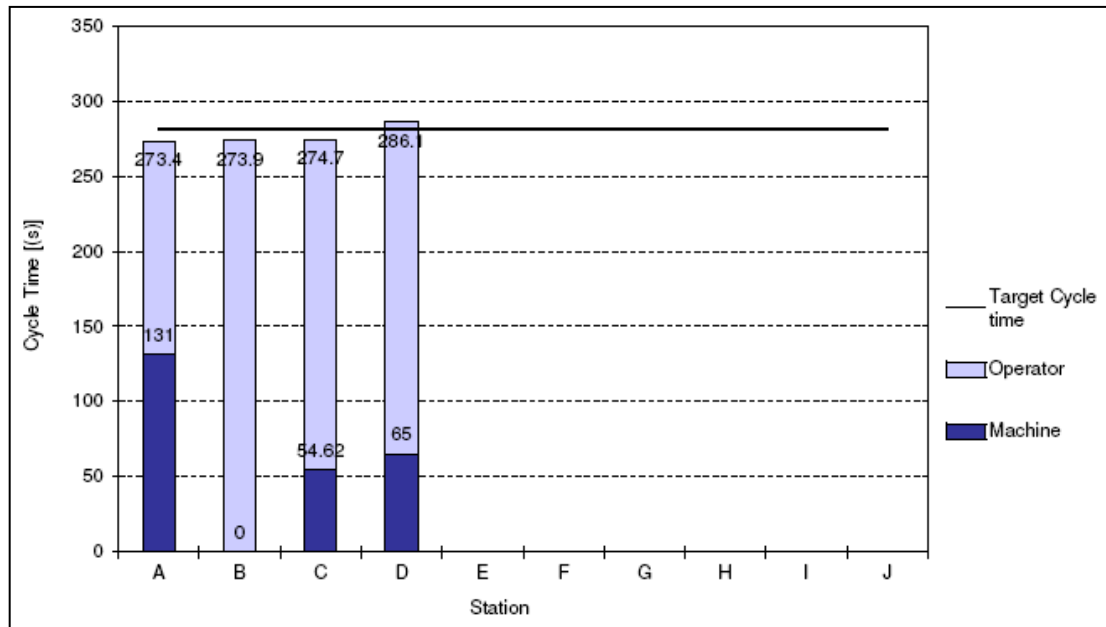


Figura 13 - Balanceamento da linha para quatro operadores (Adaptado de Bosch (2010b)).

Numa 3ª fase, com o aumento da produção diária planeada para 40 colectores, aumentou-se também para 4 o número de operadores, reduzindo novamente o tempo de ciclo. Os operadores foram reajustados aos postos de trabalho, criando uma maior flexibilidade na linha de montagem.

Na 4ª e última fase do *ramp-up*, a produção planeada começou a satisfazer as encomendas assegurando o nível da qualidade, sendo produzidos cerca de 80 colectores/dia. Com este planeamento de aumento na produção o número de operadores aumentou também para 6, fazendo com que este fosse o balanceamento ideal para a produção planeada. Nesta fase os operadores já estavam perfeitamente familiarizados e adaptados à nova linha de montagem, dos respectivos processos produtivos e às funções que desempenhavam.

Na Figura 14 está representado o balanceamento da linha para 6 operadores, diferenciando o tempo de ciclo da máquina e do operador.

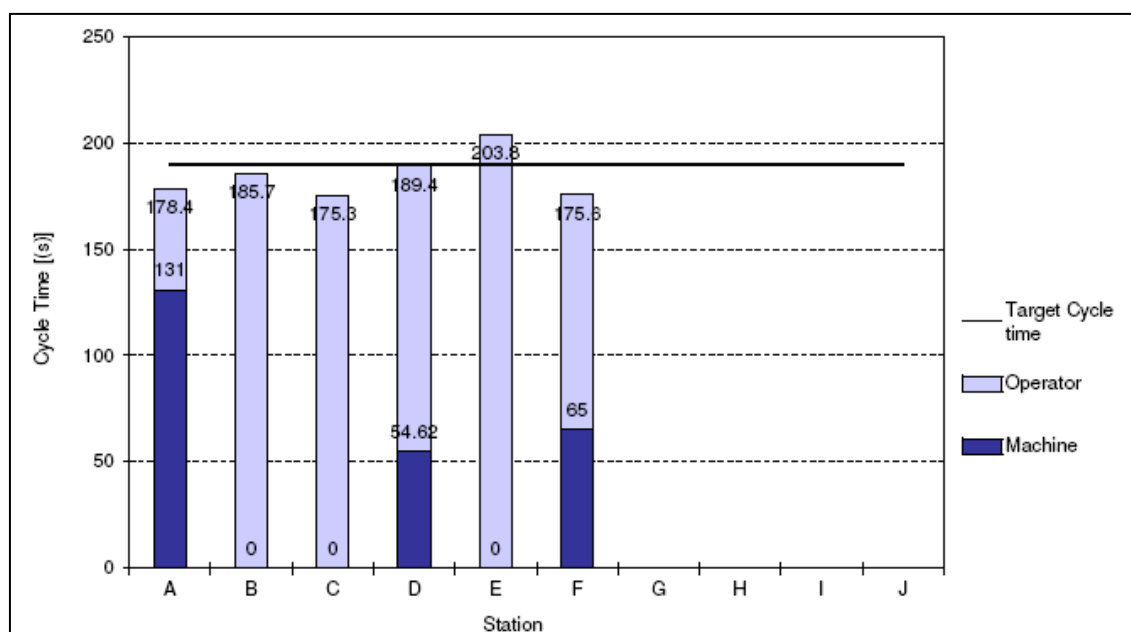


Figura 14 - Balanceamento da linha para seis operadores (Adaptado de Bosch (2010b)).

4.3.3 ANÁLISE DO RAMP-UP

Analisando os 6 meses de duração do *ramp-up* (Janeiro a Junho) podem retirar-se algumas conclusões sobre se a implementação da nova linha de produção foi bem sucedida ou, se pelo contrário, não correu como o esperado. Para ajudar a uma melhor compreensão dos resultados obtidos durante e no fim do *ramp-up* procede-se, de seguida, a uma ilustração e análise desses mesmos resultados através de gráficos e tabelas.

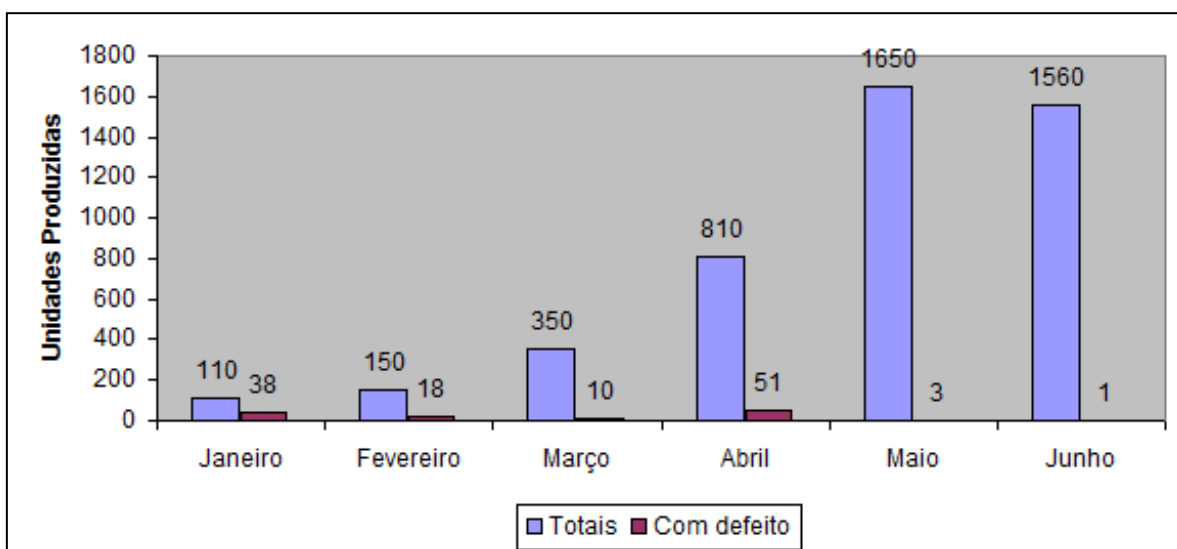


Figura 15 - Quantidades totais e com defeito produzidas durante o *Ramp-Up*.

Na Figura 15, acima apresentada, estão representadas as quantidades produzidas do novo Colector Solar, totais e com defeito, em cada mês, no tempo de duração do *ramp-up*. Como já foi amplamente referido, a fase inicial do *ramp-up* é uma fase muito complicada, onde os mais variados problemas acontecem a todo o momento e ainda não há uma total adaptação dos operadores aos processos produtivos e tarefas a desempenhar na nova linha de produção. Isto faz com que numa fase inicial, a quantidade de produtos com defeito seja elevada.

Como se pode ver, o aumento nas quantidades produzidas é gradual. A nova linha à medida que o tempo vai passando e os diversos problemas se vão solucionando, ganha

consistência e capacidade produtiva, o que faz com que a quantidade de produtos com defeito tenda a diminuir bastante em relação às unidades produzidas (Figura 16).

O mês de Abril foi exceção, tanto em termos quantitativos (Figura 15) como percentuais (Figura 16), visto que o número de produtos com defeito aumentou, apesar de a quantidade de produtos em perfeito estado ter sido perto do esperado. Isto deveu-se a uma situação anómala e inesperada que fez com que a linha produzisse uma quantidade de peças defeituosas fora do normal. Esta situação será explicada mais adiante. Tendo essa situação sido resolvida, nos meses de Maio e Junho o processo produtivo voltou á normalidade, tendo inclusive e como esperado, melhorado bastante o seu desempenho, ao nível da qualidade e da rapidez, atingindo níveis óptimos de produção. A linha estava então em condições de satisfazer as encomendas com elevada qualidade, tendo o número de colectores defeituosos atingido valores de 0,18% em Maio e 0,06% em Junho, como se pode ver na Figura 16. A partir deste momento a linha estava pronta a funcionar em plenas condições, e considerou-se assim finalizado o *ramp-up*, tendo o departamento técnico passado as responsabilidades para o departamento da produção.

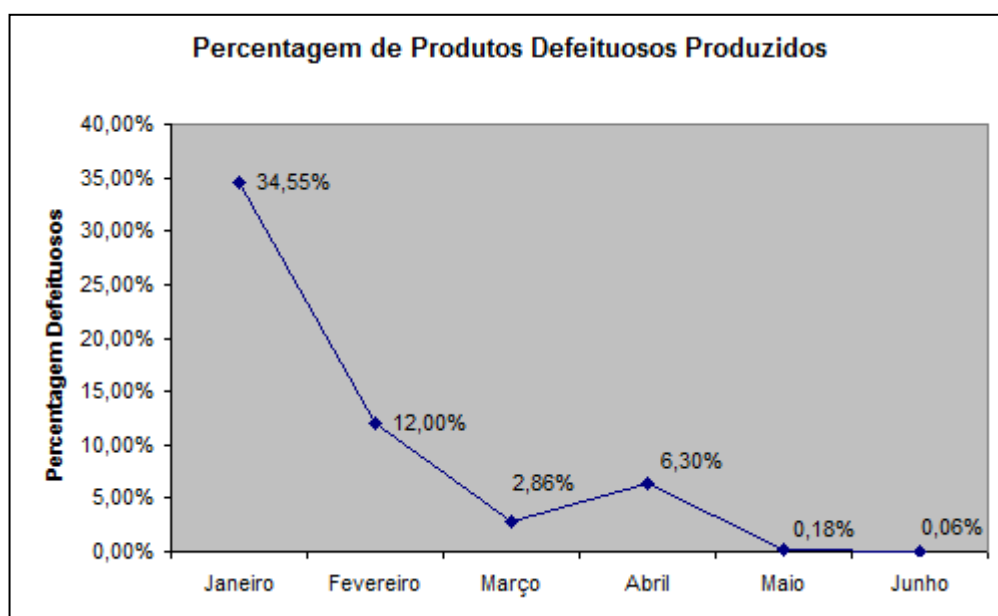


Figura 16 - Percentagem de produtos defeituosos produzidos durante o *Ramp-Up*.

Paragens na Linha Durante o *Ramp-Up*

As Figuras 17 e 18 demonstram o tempo (em minutos) que a linha de montagem esteve parada durante o *ramp-up* e as áreas/equipamentos responsáveis por tais paragens.

Na Figura 17 pode ver-se que a principal área que originou as paragens na linha foi a dos equipamentos, num total de 7660 minutos. Todas as outras áreas tiveram muito menor influência nessas paragens, tendo sido responsáveis por apenas 15% do tempo em que a linha não esteve em funcionamento.

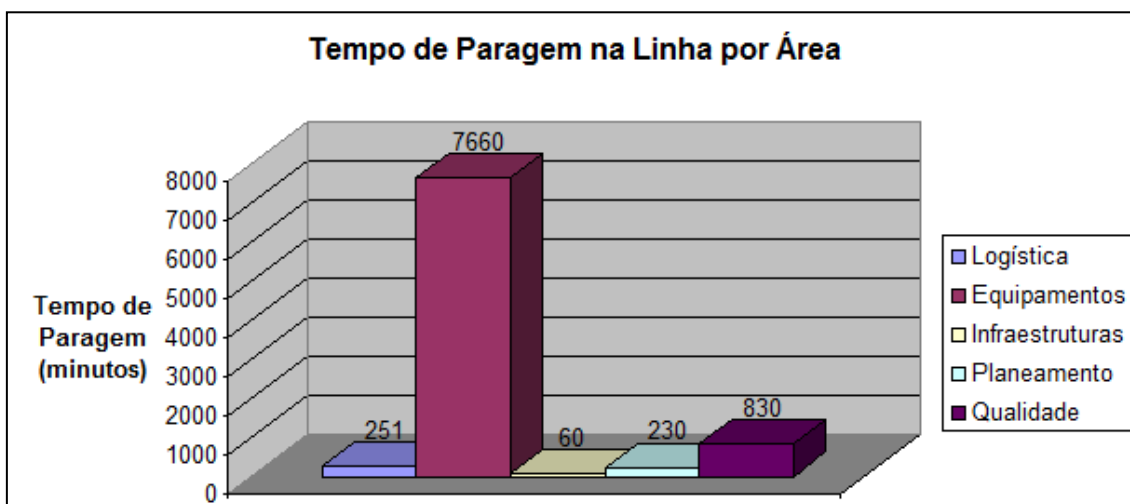


Figura 17 - Tempo de paragem na linha por Área.

A Figura 18 discrimina o tempo de paragem na linha por equipamento posicionado num determinado posto de trabalho. Pode ver-se que o equipamento situado no posto 8 foi o principal responsável pelo tempo em que a linha esteve parada, 5380 minutos, cerca de 70% do total de tempo de paragem da linha. Isto deve-se, em grande parte, a uma situação inesperada que se passou no mês de Abril, onde este equipamento deu grandes problemas, fazendo com que a produção parasse totalmente durante uns dias até que o problema fosse detectado. Este acontecimento está na origem da percentagem de produtos defeituosos que se verificou no mês de Abril, como se pôde ver na Figura 16. Após a detecção do problema, foi dada ordem para que a produção parasse imediatamente, na tentativa de encontrar uma solução rápida e eficaz. Apesar de ter sido encontrada uma solução, e a

linha ter sido posta em funcionamento, os produtos com defeito persistiam num valor acima do esperado, o que fez com que o equipamento fosse alterado e ajustado até que a produção estabilizasse, provocando mais algum tempo de paragem na linha. Apenas 15 dias após o problema ter surgido, e com a reparação total do equipamento, foi possível estabilizar completamente a linha. Todos os outros equipamentos foram responsáveis por tempos de paragem na linha reduzidos.

Apesar de todos estes problemas com o equipamento do posto 8, a produção planeada para esse mês foi atingida, já que o ritmo produtivo foi bastante alto, tendo sido assim possível um aumento da produção para o mês seguinte.

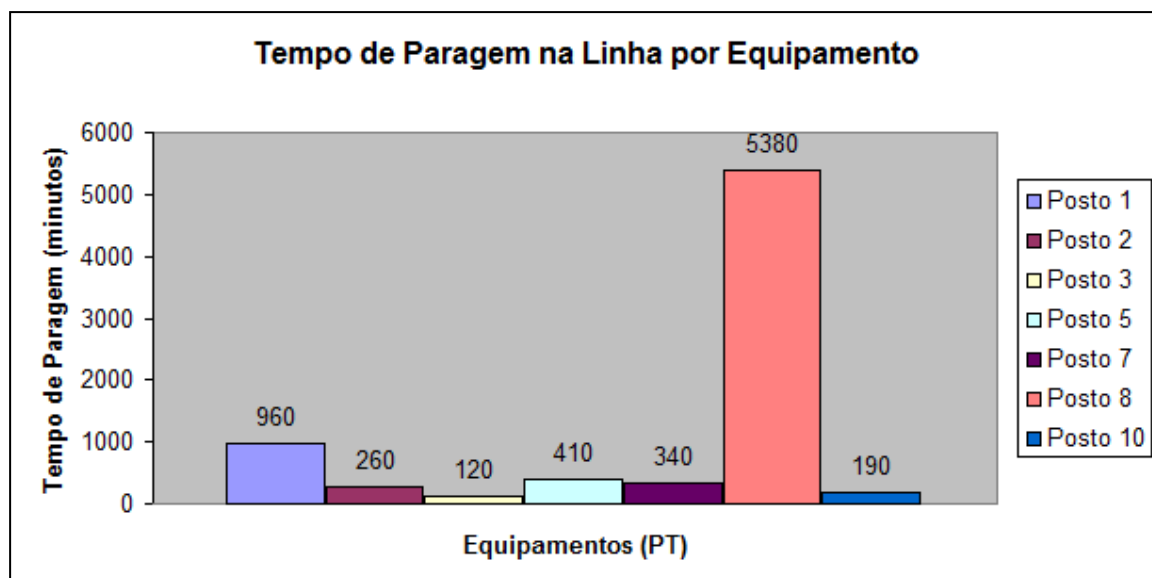


Figura 18 - Tempo de paragem na linha por Equipamento.

Custos com Sucata Durante o *Ramp-Up*

Na Figura 19, estão representados os custos com sucata durante os 6 meses do *ramp-up*. Pode-se ver que no mês de Janeiro os custos foram muito elevados, devido a ser uma fase muito crítica do *ramp-up*, com inúmeros problemas nos equipamentos que aliados à falta de prática dos operadores fazem com que haja grande desperdício de material. Problemas esses que se foram resolvendo com o decorrer do *ramp-up*, como já foi explicado e que fez com que os custos com sucata fossem cada vez menores. Apenas no mês de Abril, os custos foram bastante elevados, devido aos problemas que o equipamento do posto 8 originou, gerando uma grande quantidade de sucata. Após essa situação ter sido solucionada, a produção decorreu sem problemas de maior, e os níveis de desperdícios caíram para valores mínimos.

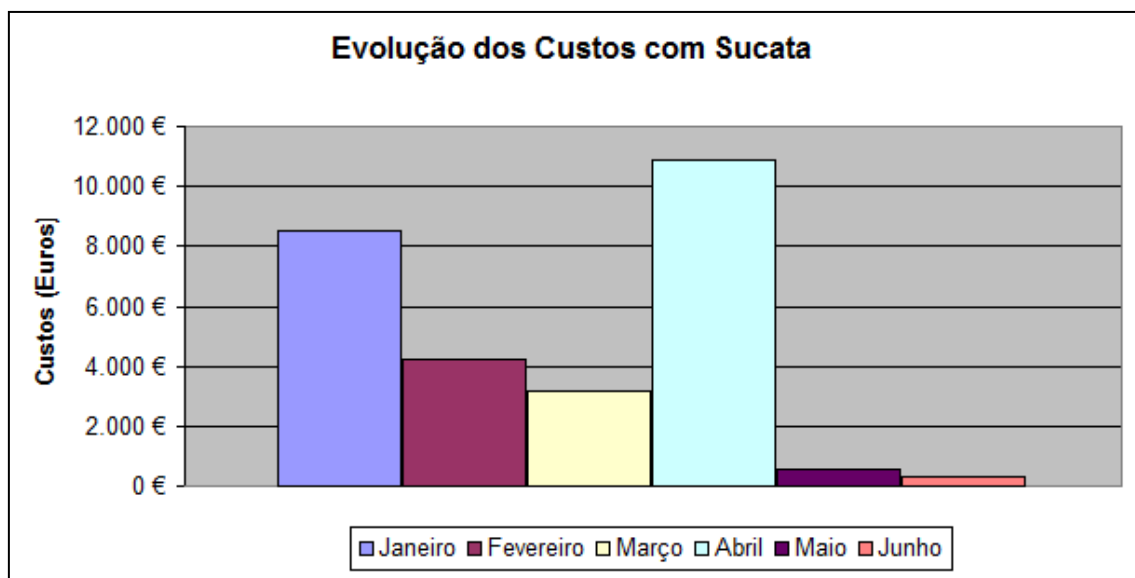


Figura 19 - Custos com sucata durante o *Ramp-Up*.

Eficiência e Eficácia da Linha Durante o *Ramp-Up*

Na Tabela 1 podem-se visualizar alguns números referentes à produção nos 6 meses do *ramp-up*, como as quantidades planeadas e as quantidades produzidas, com e sem defeito. As quantidades planeadas foram crescendo de uma forma gradual á medida que a linha ia estando preparada para aumentar a sua capacidade e o ritmo do processo produtivo. As unidades produzidas sem defeito foram também aumentando até que atingissem os valores esperados e os produtos com defeito foram sendo cada vez menos.

Tabela 1 - Dados referentes à produção durante o *Ramp-Up*.

Mês	Quantidades Planeadas	Quantidades Produzidas S/ Defeito	Quantidades Produzidas C/Defeito	Eficiência	Eficácia
Janeiro	200	72	38	36,00%	65,45%
Fevereiro	200	132	18	66,00%	88,00%
Março	400	340	10	85,00%	97,14%
Abril	800	759	51	94,88%	93,70%
Maiο	1600	1647	3	102,94%	99,82%
Junho	1600	1559	1	97,44%	99,94%

A partir destes resultados pode-se calcular a eficiência e eficácia do novo processo produtivo e analisar as respectivas evoluções.

A eficiência é o resultado do rácio das quantidades produzidas sem defeito sobre as quantidades planeadas, se realmente se está a conseguir produzir o esperado. Pode-se ver, na Figura 20, que apesar de no primeiro mês a eficiência ser muito reduzida, ela vai progressivamente aumentando, atingindo valores muito próximos do 100% já em Abril, ultrapassando essa barreira em Maio.

A eficácia é o resultado do rácio entre as quantidades produzidas sem defeito e as quantidades totais produzidas, ou seja, se o que se está a produzir está a ser produzido correctamente. Através da Tabela 1 e da Figura 20 pode-se ver que apenas no mês de Janeiro os níveis de eficácia foram críticos (65,45%), sendo que nos meses seguintes, com o aumento das quantidades planeadas e a diminuição substancial dos produtos que saíam

com defeito, os níveis de eficácia aumentaram significativamente atingindo valores muito próximos de 100%, tendência para 0 defeitos, nos meses de Maio e Junho.

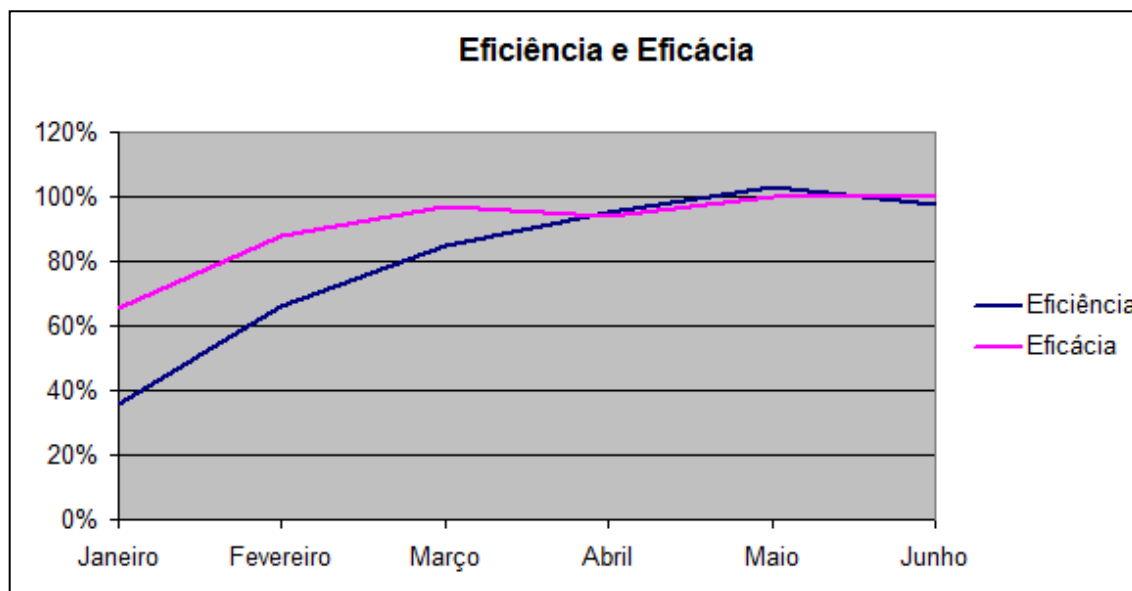


Figura 20– Eficiência e Eficácia do processo produtivo durante o *Ramp-Up*.

4.3.4 MELHORIA CONTÍNUA DURANTE O RAMP-UP

Como se verificou, o *ramp-up* é um processo de evolução contínua do ritmo e da capacidade produtiva de uma linha, que tem como objectivo final fazer com que o processo produtivo atinja os níveis de produtividade e de qualidade esperados. Para que essa evolução se dê de uma forma gradual e consistente, a adopção das várias práticas do *Lean Manufacturing* é essencial para o sucesso de um *ramp-up*.

A BOSCH Termotecnologia SA apresenta uma cultura *Lean* muito bem implementada (BPS) tendo um departamento responsável pela sua divulgação por toda a fábrica. A finalidade desta prática é a redução dos desperdícios em todos os processos, tornando-os mais simples, transparentes e flexíveis.

Durante todo o *ramp-up*, as boas práticas do *Lean* são aplicadas constantemente, em todo o tipo de processos existentes na linha. *Lean* é sinónimo de produzir cada vez mais com cada vez menos, menos tempo gasto, menos custos, menos recursos humanos. Na cultura *Lean*

identifica-se o que está a mais no processo e o que não agrega valor, eliminando essas actividades ou desperdícios.

Ao longo do *ramp-up* estão bem presentes alguns dos tipos de desperdícios que Taichii Ohno identificou:

- **Inventário:** Durante o *ramp-up* é necessário que esteja tudo organizado e no devido local. Matérias-primas, componentes ou produtos acabados parados, sem estarem a ser processados representam desperdício. Com o evoluir do *ramp-up* espera-se reduzir ao máximo os tempos mortos para cada um desses elementos.
- **Espera:** Outro dos objectivos do *ramp-up*, já falado, é atingir um balanceamento óptimo, onde os tempos de ciclo sejam menores. O tempo perdido por operadores à espera da próxima etapa do processo, de ferramentas ou de componentes tende a ser cada vez menos com a evolução do *ramp-up* devido aos processos estarem cada vez mais fluidos e os próprios operadores, que com a prática que adquirem, executam as tarefas com mais celeridade.
- **Excesso de Processos:** Na colocação em funcionamento de uma nova linha de montagem vão se encontrar pequenas coisas ou mesmo pequenos processos que não criam valor, ferramentas ineficazes para determinada tarefa., entre outras. À medida que esse excesso de processos que não acrescentam valor vão desaparecendo o processo produtivo vai sendo otimizado.
- **Defeitos:** Este é um dos grandes problemas existentes durante um Ramp-Up. Durante a análise do *ramp-up* pôde-se verificar isso mesmo, principalmente na sua fase inicial onde a percentagem de produtos defeituosos era muito elevada, assim como os custos com a sucata. Com a optimização dos processos e com as práticas de melhoria contínua as quantidades de produtos com defeito e os níveis de sucata diminuem substancialmente.
- **Movimentação:** Movimentos desnecessários de recursos e equipamentos são considerados perdas de tempo, não acrescentando valor. Ao longo do *ramp-up* são realizados estudos constantes de métodos e tempos sobre este tipo de desperdício com o objectivo de otimizar rotas de material, equipamentos e operadores; também são aperfeiçoados os movimentos ergonómicos dos operadores.

Outra prática adoptada pela BOSCH também de grande importância durante um Ramp-Up é a ferramenta dos 5S's, que tem como objectivo melhorar as condições de trabalho. Esta

ferramenta visa a organização, identificação, limpeza, padronização e disciplina num determinado local de trabalho.

Durante o *Ramp-Up* é essencial ter em conta esta ferramenta nas mais diversas actividades, para que se possa tirar vantagens da sua utilização na linha de produção:

- Ambientes limpos, agradáveis e seguros.
- Ferramentas disponíveis em locais de fácil acesso.
- Organização de todo o espaço.
- Melhoramento das condições de trabalho e poupança nos equipamentos.
- Diminuição dos acidentes de trabalho.

Desde 2005 que a BOSCH Termotecnologia SA tem implementada uma nova filosofia de Manutenção Produtiva Total (TPM). A sua aplicação tem trazido inúmeras vantagens para a empresa.

Como não podia deixar de ser, esta filosofia é aplicada durante a fase do *ramp-up* e descreve as tarefas e actividades de manutenção para máquinas e equipamentos posicionados na nova linha, com o objectivo de evitar interrupções ou paragens não planeadas nos equipamentos e no processo produtivo.

Este processo de manutenção ocorre periodicamente, fazendo com que se proceda a uma paragem momentânea de toda a linha de produção, onde de seguida os próprios operadores seguem um conjunto de regras, descritas nos documentos TPM, para proceder à manutenção preventiva dos equipamentos. Este processo vai fazer com que os equipamentos sejam mantidos no melhor estado possível, aumentando a sua vida útil. Com a implementação na nova linha deste tipo de manutenção preventiva, os operadores são devidamente formados para estarem em condições de analisar pequenas falhas que possam ocorrer nos equipamentos, identificando as suas causas e solucionando-as prontamente, evitando paragens prolongadas na linha.

Os processos de melhoria contínua são fundamentais para o sucesso da BOSCH Termotecnologia SA. O CIP (*Continuous Improvement Process*) foi implementado na BOSCH e envolve todos os colaboradores e operações, tendo como objectivo final a eliminação de desperdícios e a obtenção da máxima qualidade.

4.4 SÍNTESE DO PLANEAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO E LANÇAMENTO DA LINHA

Na altura em que se aposta num projecto desta envergadura, tudo tem de ser planeado com o máximo pormenor. Quando começa uma nova etapa, a anterior tem de estar concluída e preparada para receber a seguinte. Seguidamente, serão apresentadas, sucintamente, as várias etapas envolvidas neste projecto:

- A selecção de fornecedores tem de ser feita através de uma análise detalhada sobre as vantagens e desvantagens de cada um, optando pela melhor solução. Após a escolha do fornecedor, é essencial manter uma relação de proximidade, durante toda a fase de desenvolvimento dos equipamentos. Terá de existir uma relação de confiança, honestidade e seriedade entre as duas partes, pois, a troca de informação é decisiva para o sucesso do projecto.
- Antes do transporte e instalação dos equipamentos na fábrica é necessário ter a certeza que os novos equipamentos estão a funcionar a 100%, mantendo-os no fornecedor e testando-os exaustivamente até que se garanta a fiabilidade dos mesmos.
- Na fase de desenvolvimento do projecto da nova linha, é fundamental estabelecer o tipo de linha pretendida e desenvolver um *layout* apropriado para a mesma, que poderá sofrer alterações e ajustes á medida que o projecto vai evoluindo. Durante a fase de desenvolvimento dos equipamentos, o espaço fabril que irá receber a nova linha terá de ser cuidado e organizado, devendo-se proceder à instalação das infra-estruturas que irão dar suporte aos novos equipamentos e à nova linha de produção.
- Na fase final de desenvolvimento dos equipamentos, deverá ser elaborada toda a documentação técnica relativa aos mesmos, bem como, transmitir toda a formação

necessária aos operadores e engenheiros que irão estar envolvidos na nova linha de produção. Os balanceamentos, apesar de já terem sido estudados anteriormente, poderão ser adaptados ou mesmo otimizados durante esta fase.

- O transporte dos equipamentos deve ser feito com cuidado e a sua instalação na fábrica deve ser realizada de um modo sequencial e organizado, de forma a facilitar a implantação dos equipamentos na fábrica. Após a completa instalação dos equipamentos e infra-estruturas devem ser realizados os alinhamentos entre equipamentos e os ajustes na linha, efectuando novamente testes exaustivos à capacidade e fiabilidade da mesma.
- Assim que a capacidade das máquinas estiver assegurada, pode ser iniciado o *ramp-up*. O plano de produção para o *ramp-up* tem de ser delineado minuciosamente e a empresa tem de estar preparada para qualquer tipo de anormalidade que surgir durante esta fase, agindo com rapidez sobre o problema e encontrando uma solução rápida e eficaz. Uma análise constante sobre a evolução do *ramp-up* é essencial para o sucesso do mesmo.

5. CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

Actualmente, é fundamental para todas as empresas que querem ganhar vantagem competitiva, reduzir o tempo de colocação de um produto no mercado. Uma redução no *Time-to-Market* (TTM) traduz-se numa redução no tempo e nos custos de chegada de um novo produto. Para que se consiga encurtar este tempo é necessário um planeamento metódico de todas as fases do TTM, desde a concepção do produto, passando pelo seu desenvolvimento até chegar à fase de preparação do seu lançamento, ou seja, o *ramp-up*. O *ramp-up* é uma das fases de maior importância, pois é já a fase final de todo um projecto, e onde já não poderá haver margem de erro, uma vez que poderia comprometer todo o esforço realizado até esse momento pela empresa.

A BOSCH Termotecnologia SA, fez uma cuidadosa preparação do *ramp-up* deste novo produto, para o qual foi necessária a implementação de uma nova linha de montagem. Assim, o *ramp-up* começou a ser pensado logo na fase de desenvolvimento dos novos equipamentos e da nova linha, com a finalidade de aumentar a rapidez e eficiência do mesmo e minimizar ao máximo os problemas que normalmente acontecem. A BOSCH apostou fortemente na fase que antecede o *ramp-up*, no desenvolvimento dos equipamentos, acompanhando constantemente o processo de desenvolvimento da nova linha, partilhando ideias e informações essenciais com o fornecedor. Manter uma relação de confiança e seriedade entre as duas partes é fundamental para o sucesso do projecto, para que quando for altura de implementar a linha na fábrica tudo esteja em condições óptimas de funcionamento, aumentando assim a probabilidade de sucesso do *ramp-up*.

A implementação da nova linha e o *ramp-up* decorreram dentro das expectativas, já que tudo foi minuciosamente preparado para que tal acontecesse. A implementação e instalação dos equipamentos foram preparadas previamente, para que aquando da chegada dos mesmos tudo fosse feito da forma mais rápida e eficaz. O planeamento da produção durante o *ramp-up* foi cuidadosamente estudado e posto em prática da melhor forma possível, de modo a aumentar a sua eficiência e rapidez. Para fazer face aos diversos problemas que ocorrem durante o *ramp-up*, foram estudadas medidas preventivas e acções correctivas com o objectivo de serem adoptadas assim que necessário.

A filosofia *Lean* de que a BOSCH é detentora mostrou-se como sendo um factor decisivo no lançamento da nova linha de produção, tanto na fase de desenvolvimento dos equipamentos, partilhando essa filosofia com o fornecedor, como na fase de implementação da linha na fábrica e respectivo *ramp-up*. A utilização das práticas de *Lean* e de melhoria contínua por todas as pessoas envolvidas no processo fez com que o sucesso deste projecto fosse o ambicionado, sempre com o objectivo de atingir a máxima qualidade com o menor custo.

No futuro, espero que este documento sirva como um guia de apoio a empresas que estejam a planear lançar novas linhas de produção, e que assim poderão ter uma ideia generalizada de como deverão proceder durante as várias fases que envolvem a implementação e o lançamento de uma linha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bosch (2009). *Bosch Production System (BPS) – Total Productive Maintenance (TPM). Cacia.*
- Carravilla, M. (1998). Balanceamento de Linhas. *Repositório Aberto da Universidade do Porto*: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/LayoutsBalanceamentolinhas.pdf> [Acedido em Setembro, 2010]
- Liker, J. (2004), *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Madison, WI, E.U.A: McGraw-Hill
- Liker, J. e Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. New York: MacGraw-Hill.
- Miltenburg, J. (1998). Balancing U-lines in a multiple U-line facility. *European Journal of Operational Research*, Vol. 109, p. 1-23.
- Miltenburg, J. e Wijngaard, J. (1994). The U-line balancing problem. *Management Science*, Vol. 40, p. 1378-1388.
- Nakade, K. e Ohno, K. (1999). An optimal worker allocation problem for U-shaped production line. *International Journal of Production Economics*. Vol. 60-61, p. 353-358.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Tóquio, Japão: Diamond, Inc.
- Serrano, D. (2007). Ciclo de Vida de um Produto. *Portal do Marketing*: <http://www.portaldomarketing.com.br>. [Acedido em Agosto, 2010]
- Terwiesch, C. e Bohn, R. (2001). Learning and process improvement during production ramp-up, *Int. J. Production Economics*, Vol. 70, p. 1-19.
- Womack, J. e Jones, D. (1990). *The machine that changed the world*. 1ª Edição. Nova Iorque: Rawson Associates.

Womack, P. e Jones, D. (2003), *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Londres, Inglaterra: Simon & Schuster.

Womack, P., Jones, D. e Roos, D. (1991), *The Machine that Changed the World – The Story of Lean Production*. Nova Iorque, E.U.A: Harper Perennial.

Zangwill W. e Kantor P. (1998). Toward a theory of continuous improvement, *Management Science* Vol. 44, No. 7 , p. 910-920.

Bosch (2007): *5S_principles*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Janeiro, 2010].

Bosch (2008a): *Visão-Missão BPS*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Janeiro, 2010].

Bosch (2008b): *Tpm_2007*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Março, 2010].

Bosch (2008c): *CIP_2006_en*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Janeiro, 2010].

Bosch (2008d): *TTM*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Março, 2010].

Bosch (2010a): *Layouts*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Março, 2010].

Bosch (2010b): *Balanceamentos*, Bosch Termotecnologia S.A., Aveiro, Portugal, Intranet [acedido em Abril, 2010].

